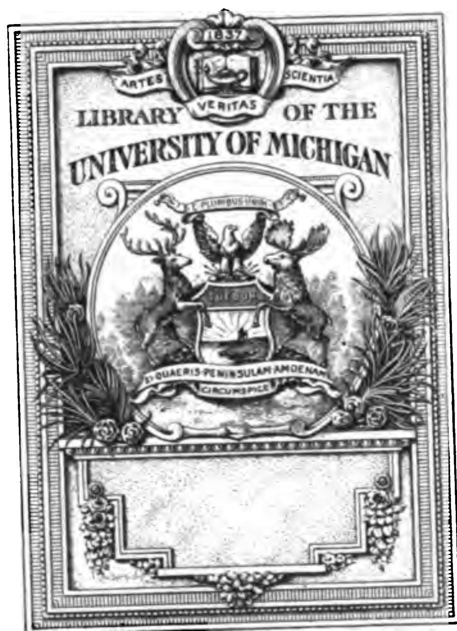
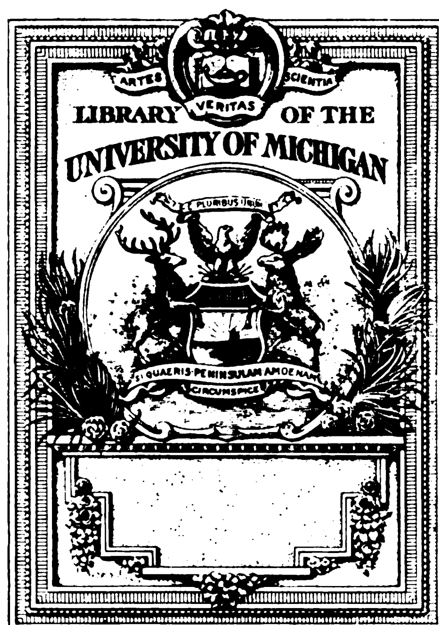

A 3 9015 00384 997 6
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les ANNALES DES MINES sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des ANNALES DES MINES pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. le secrétaire de la commission des* ANNALES DES MINES, rue du Dragon, n° 30, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 9 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des ANNALES DES MINES a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Ce, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MEMOIRES. — TOME XVII.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vve DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49

1870

ANNALES

DES MINES.

THÉORIE

DES VANNAGES DE TRACTION MINIMA.

Par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, ingénieur des mines.

I. — PRÉLIMINAIRES.

1. Ayant eu à m'occuper de la construction d'un barrage assez important composé de treize vannes pour la chute d'un étang de régime torrentiel (*), je me suis posé la question suivante : *Une hauteur d'eau étant fractionnée en plusieurs vannes superposées au nombre de n, les graduer de manière que l'effort d'extraction soit réduit au minimum absolu dont il est susceptible, en ayant égard à la variation des pressions, des frottements et des poids, et qu'il en soit de même du travail total, si cette condition est compatible avec la première, ce que l'analyse montrera.*

2. Quant au principe même du fractionnement de la hau-

(*) Celui de Bois-Ballu (canton de Senonches, Eure-et-Loir) sujet à des crues subites d'une violence extrême. L'appareil, entièrement métallique, a été exécuté à Paris dans les ateliers de M. Moisant, entrepreneur de constructions en fer, et posé par les soins de M. Mouton, conducteur des ponts et chaussées.

teur, quel que soit le mode suivant lequel il procède, il est justifié quand la profondeur d'eau devient un peu considérable par un grand nombre de motifs parmi lesquels il suffira d'indiquer les suivants :

Il diminue l'effort à développer pour produire l'ouverture *complète*, en scindant l'opération en plusieurs autres distinctes (*).

Il le réduit de même, à égalité d'ouverture *partielle*, en permettant d'extraire seulement une vanne dans le haut, ce qui suffira ordinairement, au lieu de soulever tout l'ensemble de la hauteur voulue, quelle qu'elle soit, pour vider par la partie inférieure (**).

Cet écoulement superficiel lui-même est préférable pour les étangs poissonneux à celui que donnent les vannes de fond.

Le fractionnement, en composant le barrage de plusieurs parties indépendantes, fournit un moyen, très-simple pour la fabrication, d'en proportionner la résistance aux pressions qu'elles auront à supporter en les formant de fers différents ; sans quoi il faudrait employer des montants à profil courbe ou mettre dans le haut un grand excès de matière coûteuse et encombrante.

Il permet encore, en plaçant les vannes dans des plans parallèles, d'assurer leur indépendance ; de telle sorte que si l'une d'elles vient à se trouver coïncée dans ses glissières, il reste néanmoins possible de lever celles qui lui sont inférieures, et d'éviter par là des inconvénients et même des

(*) C'est là un point d'autant plus essentiel qu'on ne peut utilement songer, pour diminuer cet effort, à l'emploi des contrepoids, attendu qu'indépendamment du surcroît de dépense que nécessiterait une pareille masse métallique, elle ne permettrait d'équilibrer que la pesanteur qui garde une direction constante, tandis que le frottement change de sens avec le mouvement. Or ce dernier formera ici à lui seul la plus grande partie de l'effort.

(**) Pour réduire encore l'étendue de cette levée dans l'usage journalier, il sera bon de disposer la vanne supérieure de l'une des

dangers sérieux. Cette disposition, à la vérité, exige une plus grande dépense de guides et de cornières, mais en revanche elle assure par cela même une plus grande solidité pour les poutres verticales que l'on peut, dès lors, alléger dans une certaine mesure. De plus les tôles horizontales qui servent de base à chaque étage de vannes ont pour effet de contreventer ces parties latéralement, évitant par là qu'elles ne viennent à flamber sous l'influence des efforts transversaux. Il faut s'attendre en effet à voir se développer de semblables actions en raison de la dissymétrie lorsque les vannes se trouveront ouvertes dans une travée et fermées dans l'autre, ne chargeant ainsi qu'un seul côté de la tête des doubles T. Remarquons d'ailleurs que ce détail d'exécution n'est au fond nullement nécessaire pour le principe même du fractionnement, et qu'on pourra, si on le préfère, laisser les vannes dans le même plan.

On arrivera enfin par là à restreindre la hauteur des glissières hors de l'eau à une hauteur commode, celle d'un parapet par exemple, tandis qu'avec une vanne unique elle devrait être égale à la profondeur, ce qui occasionnerait un notable excédant de dépense, un grand encombrement, et un accroissement considérable du travail d'extraction. Cette réduction n'offre aucune difficulté si toutes les vannes sont indépendantes, et elle reste encore possible, lors même que l'on tiendrait à les laisser dans le même plan. Il suffira pour cela de les sortir au fur et à mesure de leurs guides.

---

travées verticales en forme de *persienne* analogue à un tiroir Farcot; de telle sorte que par un très-faible mouvement elle se trouve entièrement ouverte sur la moitié de son étendue. En commandant cette vanne par une tige filetée, on arrivera à régler très-aisément avec une grande précision l'écoulement des eaux dans des conditions où il serait difficile d'installer des vannes Chaubart capables de produire spontanément cette réglementation.

M. La Hougue, ingénieur des ponts et chaussées, a déjà réalisé cette idée en établissant une vannette à double orifice pour des portes d'écluses placées dans son service.

Remarquons à cet égard que cette opération, malgré ce qu'elle peut avoir de gênant, s'exécutera très-facilement en ce qui concerne la sortie, c'est-à-dire dans le moment du danger, réservant les difficultés tout au plus pour la rentrée, quand le péril a disparu. Il est clair d'ailleurs que les vannes de la superficie suffiront pour les variations ordinaires du cours d'eau et qu'on n'aura besoin de recourir à cette manœuvre que dans des circonstances très-exceptionnelles.

II. — Système du minimum de traction.

3. Il est à remarquer que le poids de la matière employée restera toujours le même quel que soit le mode de fractionnement de la hauteur, si l'on adopte comme la règle de construction la plus rationnelle la proportionnalité du poids par unité de surface de chaque pièce distincte (pris pour mesure approximative de sa résistance) à la pression moyenne qu'elle supporte, c'est-à-dire à la charge sur son centre de gravité.

En effet, le poids de cette pièce étant le produit de sa superficie par le poids spécifique rapporté à l'unité de surface ou d'après ce qui précède par la pression moyenne, sera proportionnel à la résultante des actions de l'eau sur ce corps. La somme de tous les poids sera donc représentée par la pression totale que supporte le vannage entier, et par suite elle restera constante dans tous les systèmes.

4. Mais il n'en sera pas de même pour l'effort de traction qu'exigera chaque vanne individuellement. Et cet effort est ici l'élément essentiel, car il mesure le nombre d'hommes nécessaires pour la manœuvre, ou si l'on veut le degré de complication du mécanisme destiné à en atténuer l'intensité pour la mettre à la portée du bras d'un seul homme.

Cet effort est égal à la somme du poids de la vanne et de son frottement. Mais comme tous les deux sont propor-

tionnels à la pression que supporte la pièce, on pourra se contenter, pour simplifier le discours, d'envisager l'un d'eux seulement, par exemple le poids.

Comme celui-ci est constant pour l'ensemble, on voit d'abord que le maximum de l'effort correspond au système formé d'une vanne unique, lequel se trouve ainsi le plus mauvais de tous.

Il est facile en outre de reconnaître que pour un nombre n donné la combinaison la plus avantageuse entre toutes, c'est-à-dire celle qui exigera le moindre effort de traction, est celle dans laquelle toutes les vannes exerceront la même résistance et que j'appellerai le *système compensé.*

En effet, la somme des n efforts, c'est-à-dire le poids total est constant d'après ce qui précède quel que soit le mode de fractionnement. Si donc le poids d'une seule des vannes descendait au-dessous de la n^e partie de cette valeur totale, une autre au moins devrait s'élever au-dessus, et par suite nécessiterait un effort de traction plus grand qu'aucun de ceux qu'exigera le système compensé.

5. Cherchons à traduire cet avantage en nombres. Pour le système formé d'une vanne unique, cette comparaison est immédiate, puisque l'effort y sera manifestement n fois plus grand que dans le système compensé où le même poids est également réparti sur n vannes.

Pour tout autre mode l'effort étant, d'après ce qui précède, proportionnel à la surface et à la charge sur le centre, sera pour la k^e vanne

$$(y_{k+1}-y_k)\frac{y_{k+1}+y_k}{2},$$

si y_k désigne la profondeur du bord supérieur de cette vanne. Mais comme il s'agit ici seulement de valeurs proportionnelles, nous pouvons doubler cette expression et prendre seulement

$$(1)\qquad y_{k+1}^2-y_k^2.$$

Dans le système où toutes les vannes auraient des hauteurs égales, on aura

$$y_k = \frac{k-1}{n} h.$$

Il viendra donc

$$\frac{k^2-(k-1)^2}{n^2} h^2 = \frac{2k-1}{n^2} h^2,$$

dont le maximum qui est seul à considérer ici aura pour valeur

$$\frac{2n-1}{n^2} h^2,$$

On aura d'ailleurs pour la vanne unique simplement

$$h^2.$$

Le rapport sera donc pour ces deux systèmes

$$\frac{n^2}{2n-1}.$$

Pour le système compensé on trouvera seulement

$$\frac{n}{2n-1},$$

puisque le rapport doit être alors n fois moins grand.

En traduisant ces formules en nombres pour les cas les plus simples, nous formerons le tableau suivant :

RAPPORT du système de la vanne unique au système compensé. n	RAPPORT du système de l'égalité au système compensé. $\frac{2n-1}{n}$	RAPPORT du système de la vanne unique au système de l'égalité. $\frac{n^2}{2n-1}$
1	$1 = 1,000000$	$1 = 1,000000$
2	$\frac{3}{2} = 1,500000$	$\frac{4}{3} = 1,333333$
3	$\frac{5}{3} = 1,666667$	$\frac{9}{5} = 1,800000$
4	$\frac{7}{4} = 1,750000$	$\frac{16}{7} = 2,285714$
5	$\frac{9}{5} = 1,800000$	$\frac{15}{9} = 2,777778$

III. — Détermination du système compensé.

6. Il s'agit maintenant de déterminer l'échelle de graduation qui exige pour toutes ses vannes le même effort de traction. Comme le poids des vannes est moins important que leur frottement sur les glissières, nous pouvons en faire abstraction dans une première solution pour obtenir des résultats plus simples.

Désignons par h_0 la charge d'eau sur la partie supérieure de la section vive et par h celle sur le fond, $h - h_0$ étant la hauteur qu'il s'agit de fractionner. Soit y la charge sur le bord supérieur de la k^e vanne, Δy représentant la hauteur de cette vanne. Nous supposerons dans toute cette théorie la largeur horizontale égale à l'unité. Si ϖ est le poids spécifique de l'eau et A la pression supportée par cette vanne, on aura

$$(2) \qquad \varpi\left(y + \frac{\Delta y}{2}\right)\Delta y = A.$$

Puisque l'effort de traction est proportionnel à la pression,

nous devons traiter A comme une constante et intégrer cette équation aux différences finies.

Il suffit pour cela de l'écrire de la manière suivante :

$$2y\Delta y + \Delta y^2 = \frac{2A}{\varpi},$$

c'est-à-dire en appelant a une nouvelle constante

$$\Delta(y^2) = \frac{2A}{\varpi} = a,$$

et en intégrant

(3) $$y^2 = ak + b.$$

Pour déterminer les arbitraires a et b, nous avons au sommet du vannage

$$k = 1, \quad y = h_0, \quad h_0^2 = a + b,$$

et à sa partie inférieure qui formerait le bord de la $(n+1)^e$ vanne si elle existait

$$k = n + 1, \quad y = h, \quad h^2 = a(n+1) + b.$$

On déduit de ces deux relations

$$a = \frac{h^2 - h_0^2}{n}, \qquad b = \frac{(n+1)h_0^2 - h^2}{n},$$

ce qui donne pour y la valeur suivante :

$$y = \sqrt{\frac{(h^2 - h_0^2)k + (n+1)h_0^2 - h^2}{n}},$$

toujours réelle, car on peut la mettre sous la forme

(4) $$y = \sqrt{h_0^2 + \frac{k-1}{n}(h^2 - h_0^2)}.$$

Or k est supérieur ou égal à l'unité et h plus grand que h_0.

7. Dans la pratique on aura ordinairement

$$h_0 = 0.$$

La formule se simplifie alors et devient

$$(5) \qquad y = h\sqrt{\frac{k-1}{n}}.$$

La solution consiste alors à emprunter un nombre arbitraire n de vannes à une échelle de graduation toujours semblable à elle-même où les hauteurs de vannes sont proportionnelles à des nombres fixes qui sont les valeurs successives de la fonction

$$\sqrt{k} - \sqrt{k-1}.$$

On a ainsi pour les cas les plus simples :

$$\begin{aligned} 1 &= 1{,}000000 \\ \sqrt{2} - 1 &= 0{,}414248 \\ \sqrt{3} - \sqrt{2} &= 0{,}317812 \\ \sqrt{4} - \sqrt{3} &= 0{,}267950 \\ \sqrt{5} - \sqrt{4} &= 0{,}236067 \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Il existe une disproportion assez marquée entre la première vanne et les suivantes. On y trouvera l'avantage que la première suffira ordinairement à elle seule pour les variations du débit, permettant de réserver pour des occasions relativement rares la manœuvre toujours plus difficile des suivantes (*).

(*) Si du reste le constructeur trouvait cette différence exagérée, rien n'empêcherait dans la pratique de supprimer cet incon-

8. Nous pouvons perfectionner cette analyse en serrant de plus près le système de construction que l'on suit pour les vannages en fer. Une vanne est formée d'une feuille de tôle d'épaisseur uniforme dans toute l'étendue de l'appareil et pesant p par unité de hauteur, appliquée sur des montants verticaux et des traverses horizontales. Le poids de ces derniers, au contraire, sera proportionnel à la charge sur le centre, et nous le représenterons pour l'unité de hauteur par

$$q\left(y+\frac{\Delta y}{2}\right);$$

En somme, le poids d'une vanne de hauteur Δy aura pour valeur

$$\left\{p+q\left(y+\frac{\Delta y}{2}\right)\right\}\Delta y.$$

Le frottement, si f en est le coefficient, sera

$$f\varpi\left(y+\frac{\Delta y}{2}\right)\Delta y,$$

et par suite on aura pour exprimer la traction a que l'on veut rendre constante :

---

vénient, en diminuant arbitrairement la première vanne que l'on considérerait alors comme mise à part des autres et constituant une hauteur initiale h_0 à l'aide de laquelle on calculerait toutes les suivantes par la formule (7). Cette anomalie se justifierait en remarquant que la première vanne se trouve par le fait dans des conditions toutes spéciales par la fréquence exceptionnelle de sa manœuvre. On trouvera dès lors dans son allégement un avantage accessoire qui balancera le défaut d'unité théorique dans le principe suivi d'un bout à l'autre de l'appareil et le léger accroissement de résistance qui serait reporté sur les autres vannes. Je reviendrai, du reste, sur ce point d'une manière spéciale dans une note placée à la fin de ce travail, et il est inutile d'y insister davantage en ce moment.

$$\left\{p+(q+f\varpi)\left(y+\frac{\Delta y}{2}\right)\right\}\Delta y=a.$$

Pour intégrer cette nouvelle équation aux différences finies, nous la mettrons sous la forme

$$2y\Delta y+\Delta y^2+\frac{2p}{q+f\varpi}\Delta y=\text{A},$$

ou encore

$$\Delta(y^2)+\Delta\left(\frac{2py}{q+f\varpi}\right)=\text{A},$$

et en intégrant

$$y^2+2\frac{p}{q+f\varpi}y=\text{A}k+b;$$

ce qu'on peut encore écrire plus simplement en changeant la constante

$$\left(y+\frac{p}{q+f\varpi}\right)^2=\text{A}k+\text{B}.$$

Si donc on relève par la pensée le plan de comparaison d'une hauteur

$$\frac{p}{q+f\varpi}$$

au-dessus du niveau de l'eau en posant

$$(6)\qquad\left\{\begin{aligned}\text{Y}&=y+\frac{p}{q+f\varpi}\\ \text{H}&=h+\frac{p}{q+f\varpi}\\ \text{H}_0&=h_0+\frac{p}{q+f\varpi},\end{aligned}\right.$$

on aura l'équation

$$\text{Y}^2=\text{A}k+\text{B},$$

qui reprend la même forme que (3). La détermination des constantes se fera, par suite, de la même manière avec la

simple substitution de H et H_0 à h et h_0, et l'on aura en se reportant à la relation (4)

$$Y = \sqrt{H_0^2 + \frac{k-1}{n}(H^2 - H_0^2)},$$

ou en revenant aux anciennes notations

$$(7) \qquad y = -\frac{p}{q+f\varpi} + \sqrt{\left(h_0 + \frac{p}{q+f\varpi}\right)^2 + \frac{k-1}{n}(h-h_0)\left(h+h_0+\frac{2p}{q+f\varpi}\right)}.$$

Telle est la formule définitive qui détermine le systè[me] dont toutes les vannes exigent des tractions égales.

IV. — Système du minimum de travail.

9. Nous venons de reconnaître que le système compensé réduit au minimum l'effort de traction. Il n'en est pas absolument de même du travail total. Je vais montrer qu'à cet égard le minimum absolu correspond à un mode différent et assez compliqué. Mais en même temps nous constaterons que le travail nécessité par le système compensé en est tellement rapproché numériquement qu'une pareille différence disparaît complétement dans la pratique. Je ferai même voir que des influences accessoires tendront encore à combler l'écart et à conserver ainsi rigoureusement au système compensé la prééminence sur tous les autres au point de vue du travail comme il la possède déjà sous le rapport de l'effort de traction.

Ce dernier étant (1) proportionnel à $y_{k+1}^2 - y_k^2$ et la levée de la k^e vanne étant y_{k+1} (*), le travail aura pour valeur représentative :

(*) J'ai expliqué plus haut (2) comment on réalise une levée égale

$$T_n = \sum_1^n y_{k+1}(y_{k+1}^2 - y_k^2).$$

Comme toutes les variables $y_1\ y_2 \ldots y_k$ sont *à priori* indépendantes, il nous faut annuler la dérivée partielle relative à chacune d'elles. Si pour cela nous mettons en évidence la partie qui renferme y_{k+1}

$$y_{k+1}(y_{k+1}^2 - y_k^2) + y_{k+2}(y_{k+2}^2 - y^2_{k+1}),$$

ou

$$y_{k+1}^3 - y_{k+2}y_{k+1}^2 - y_k^2 y_{k+1} + y_{k+2}^3,$$

l'équation dérivée par rapport à cette variable donnera

$$(8)\qquad 3y_{k+1}^2 - 2y_{k+2}y_{k+1} - y_k^2 = 0.$$

Si nous envisageons y_k comme une fonction de k nous aurons, là une équation aux différences finies du second ordre et du second degré qui peut tenir lieu à elle seule de toutes les autres dérivées partielles et dont l'intégration résoudra la question (*).

10. Comme il est évident que le travail ne peut par aucun procédé être rendu nul ni infini, il admet nécessairement un maximum et un minimum qui tous deux doivent être renfermés dans l'équation (8).

à y_{k+1}. Si au contraire on s'arrêtait, malgré tous les inconvénients inhérents à cette disposition, à donner aux guides extérieurs une hauteur égale à la profondeur, la levée deviendrait constante pour toutes les vannes et par suite aussi le travail, puisque le poids total est invariable dans tous les systèmes. Ce travail aurait alors pour valeur celle qui convient à la vanne unique, et comme nous reconnaîtrons dans un instant que c'est le plus mauvais de tous, nous trouvons là un motif de plus de condamner le dispositif en question et de nous en tenir aux conditions sur lesquelles est basée l'analyse actuelle.

(*) Avec l'algorithme des différences, cette équation prendrait la forme

$$2\Delta(y\Delta y) = (\Delta y)^2.$$

Le maximum sera fourni par l'intégrale singulière

$$y = \text{const.},$$

qu'il est aisé de vérifier. On la réalisera au moyen d'une première vanne régnant sur toute la hauteur accompagnée de $n - 1$ autres infiniment petites à sa partie inférieure. Pratiquement, en un mot, elle représente le système de la vanne unique.

Je viens de dire que cette solution correspond au maximum. En effet, pour cette vanne le travail est le produit de la somme *constante* des poids par la hauteur totale, ou la somme des produits des poids de chaque partie quelconque par cette hauteur fixe; tandis que dans tout autre système il sera la somme des produits de ces mêmes parties par une hauteur moindre, à savoir la profondeur du bord inférieur de chaque vanne.

Notons en passant que puisque le système de la vanne unique correspond ainsi au maximum à la fois pour l'effort et pour le travail, il est à ce double point de vue le plus mauvais de tous.

11. Le minimum sera fourni, d'autre part, par l'intégrale ordinaire de l'équation (8).

Pour l'obtenir, nous commencerons par écrire cette relation de la manière suivante en divisant par y_{k+1}^2 :

$$\frac{y_k^2}{y_{k+1}^2} + 2\frac{y_{k+2}}{y_{k+1}} - 3 = 0.$$

Si maintenant on pose

$$u_k = \sqrt[3]{2} \cdot \frac{y_{k+1}}{y_k}, \tag{9}$$

elle devient

$$\frac{2^{\frac{2}{3}}}{u_k^2} + \frac{2}{\sqrt[3]{2}} u_{k+1} - 3 = 0;$$

d'où l'on tire

$$u_{k+1} = \frac{3}{2^{\frac{2}{3}}} - \frac{1}{u_k^2},$$

ou encore

$$u_{k+1} = \alpha - \frac{1}{u_k^2},$$

en représentant pour simplifier par α le nombre

$$\alpha = \frac{3}{2^{\frac{2}{3}}}.$$

Cette formule donne de proche en proche

$$u_2 = \alpha - \frac{1}{u_1^2}$$

$$u_3 = \alpha - \frac{1}{u_2^2}$$

$$u_4 = \alpha - \frac{1}{u_3^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots$$

Or on a en premier lieu, en prenant pour unité la hauteur de la première vanne :

$$y_1 = 0 \quad y_2 = 1$$

$$u_1 = \sqrt[3]{2}\,\frac{y_2}{y_1} = \infty$$

$$u_2 = \alpha - \frac{1}{u_1^2} = \alpha,$$

et par suite

$$u_3 = \alpha - \frac{1}{\alpha^2}$$

$$u_4 = \alpha - \frac{1}{\left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right)^2}$$

$$u_5 = \alpha - \frac{1}{\left[\alpha - \frac{1}{\left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right)^2}\right]^2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

Ecrivons actuellement d'après la relation (9)

$$y_k \;= \frac{1}{\sqrt[3]{2}} u_{k-1} y_{k-1}$$

$$y_{k-1} = \frac{1}{\sqrt[3]{2}} u_{k-2} y_{k-2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$y_4 \;= \frac{1}{\sqrt[3]{2}} u_3 y_3$$

$$y_3 \;= \frac{1}{\sqrt[3]{2}} u_2 y_2$$

et multiplions membre à membre en rappelant que $y_2 = 1$:

$$y_k = \frac{1}{2^{\frac{k-2}{3}}} u_2 u_3 u_4 \ldots\ldots u_{k-2} u_{k-1}.$$

Nous obtiendrons ainsi la formule suivante dont la loi de formation est évidente :

$$y_k = \frac{\alpha}{2^{\frac{k-2}{3}}} \cdot \left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right)\left[\alpha - \frac{1}{\left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right)^2}\right]\left\{\alpha - \frac{1}{\left[\alpha - \frac{1}{\left(\alpha - \frac{1}{\alpha^2}\right)^2}\right]^2}\right\}\ldots,$$

en allant jusqu'au facteur qui renferme $k-3$ parenthèses accumulées. Cette valeur est rationnelle comme il serait aisé de le faire voir, bien que α lui-même ne le soit pas.

En rendant maintenant à α sa valeur numérique, on arrivera sans difficulté à dresser le tableau suivant :

NOMBRE de vannes. — n	PROFONDEUR du bord inférieur. — y_{n+1}	HAUTEURS de vannes. — $y_{n+1}-y_n$	TRAVAIL individuel. — $y_{n+1}(y_{n+1}^2-y_n^2)$	TRAVAIL total. — T_n
1	$1 = 1{,}000000$	1,000000	1,000000	1,000000
2	$\frac{3}{2} = 1{,}500000$	0,500000	1,875000	2,875000
3	$\frac{23}{12} = 1{,}916667$	0,416667	2,728588	5,603588
4	$\frac{421}{184} = 2{,}288043$	0,371377	3,572852	9,176439
5	$\frac{3666143}{1394552} = 2{,}629281$	0,341237	4,411867	13,588307

12. A l'égard des résultats compris dans la dernière colonne, l'important est de les comparer avec ceux que fournissent les trois autres systèmes : celui de la vanne unique, celui de l'égalité et le système compensé.

Pour le premier on n'a que le terme

$$T_n' = y^3_{n+1},$$

en comparant les résultats pour une même hauteur y_{n+1}.

Pour le système de l'égalité :

$$y_k = \frac{k-1}{n} y_{n+1},$$

$$y_{k+1}(y_{k+1}^2 - y_k^2) = \frac{k[k^2-(k-1)^2]}{n^3} y_{n+1}^3 = \frac{2k^2-k}{n^3} y_{n+1}^3,$$

et pour le travail total :

$$T_n'' = \frac{y_{n+1}^2}{n^3}\left\{2\sum_1^n (k^2) - \sum_1^n (k)\right\}$$

$$= \frac{y_{n+1}^3}{n^3}\left\{2 \cdot \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} - \frac{n(n+1)}{2}\right\}$$

$$= \frac{(n+1)(4n-1)}{6n^2} y_{n+1}^3.$$

Enfin pour le système compensé (5) :

$$y_k = y_{n+1}\sqrt{\frac{k-1}{n}}$$

$$y_{k+1}(y_{k+1}^2 - y_k^2) = \frac{\sqrt{k}}{n\sqrt{n}} y_{n+1}^3,$$

et pour le travail total :

$$T_n''' = \frac{1+\sqrt{2}+\sqrt{3}\ldots+\sqrt{n}}{n\sqrt{n}} y_{n+1}^3.$$

A l'aide des valeurs de y_{n+1} fournies par le tableau précédent nous formerons le suivant dans lequel je reproduis la colonne T_n comme terme de comparaison.

NOMBRE de vannes. — n	SYSTÈME minimum. — T_n	SYSTÈME compensé. — T_n'''	SYSTÈME de l'égalité. — T_n''	SYSTÈME de la vanne unique — T_n'
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	2,875000	2,880718	2,953125	3,375000
3	5,603588	5,618466	5,737183	7,041088
4	9,176439	9,202438	9,357719	11,977881
5	13,588067	13,628144	13,814605	18,177111

Nous rendrons la comparaison de ces résultats plus facile en prenant les rapports des travaux dans les différents systèmes à celui du minimum.

(10)

NOMBRE de vannes. — n	SYSTÈME compensé. — $\frac{T_n'''}{T_n}$	SYSTÈME de l'égalité. — $\frac{T_n''}{T_n}$	SYSTÈME de la vanne unique. — $\frac{T_n'}{T_n}$
1	1,000000	1,000000	1,000000
2	1,001987	1,027173	1,173913
3	1,002655	1,023841	1,256 33
4	1,002844	1,019754	1,305286
5	1,002932	1,016654	1,337721

Les quatre systèmes se trouvent par là classés d'après leur ordre de mérite, à partir du minimum. Nous trouvons dans la première colonne deux zéros après la virgule, un seul dans la seconde, aucun dans la troisième. On remarquera jusqu'à quel point le système compensé se rapproche du minimum absolu : deux à trois millièmes en plus seulement pour les valeurs pratiques de n. Celui de l'égalité vient ensuite. Pour lui l'excès est de deux à trois centièmes. Cette différence ne constituerait sans doute pas à elle seule un titre suffisant pour sacrifier la simplicité qu'il présente. Mais les titres de préférence sont ailleurs et il ne faut pas oublier que la considération du travail doit disparaître devant celle de l'intensité de l'effort qui est en relation beaucoup plus directe avec les moyens d'exécution. Enfin pour le système de la vanne unique on a deux à trois dixièmes, différence plus importante. On n'oubliera pas d'ailleurs que les valeurs qu'il fournit constituent le maximum absolu du travail dont nous possédons ainsi les deux limites de la manière la plus précise.

Mais on peut en insistant davantage, malgré le peu d'importance pratique de ces différences, montrer que même en théorie le système compensé est rigoureusement préférable à celui que nous venons de déterminer par la recherche précédente.

13. Pour cela reprenons rapidement cette recherche en supposant non plus la proportionnalité du poids à la pro-

fondeur, mais son uniformité dans toute l'étendue du barrage.

Le poids de la k^e vanne étant alors en raison de sa hauteur $y_{k+1} - y_k$ le travail aura pour expression représentative :

$$\sum_1^n (y_{k+1} - y_k) y_{k+1},$$

ou en mettant en évidence la partie qui renferme y_{k+1} :

$$(y_{k+1} - y_k) y_{k+1} + (y_{k+2} - y_{k+1}) y_{k+2};$$

c'est-à-dire

$$y_{k+1}^2 - (y_k + y_{k+2}) y_{k+1} + y_{k+2}^2.$$

Ce trinome du second degré devient minimum quand y_{k+1} est égal à la moyenne géométrique des racines ou à la moitié du coefficient du second terme changé de signe .

$$y_{k+1} = \frac{y_k + y_{k+2}}{2},$$

ce qu'on peut écrire

$$y_{k+2} - y_{k+1} = y_{k+1} - y_k,$$

ou

$$\Delta y = \text{const.}$$

C'est l'équation aux différences finies des progressions arithmétiques, représentant ici le système de l'égalité.

Quant au maximum il sera encore fourni dans le cas actuel par l'intégrale singulière

$$y = \text{const.}$$

relative au système de la vanne unique

Il faut tirer de là une conséquence importante. Nous avons vu (7) que si l'on veut tenir compte des détails secondaires de la construction la réalité est intermédiaire entre les deux hypothèses précédentes. Elle s'y meut à l'ar-

bitraire du constructeur en restant plus rapprochée de la première. Par conséquent dans la pratique le minimum absolu s'éloignera de T_n sans atteindre le système de l'égalité et en restant dans les environs immédiats de T_n où se trouve précisément le système compensé (voyez le tableau (10). Le système minimum perd donc, par rapport à lui, l'avantage que lui assurait la petite différence $T_n''' - T_n$ et la prééminence doit être accordée au système compensé au point de vue du travail comme à l'égard de l'intensité de l'effort.

V. — Avantages au point de vue du débit.

14. Le système compensé présente enfin sur celui de l'égalité l'avantage de réaliser un plus grand écoulement avec moins de manœuvres.

Si nous appliquons en effet à chaque vanne la formule de l'écoulement par les grands orifices rectangulaires, la dépense sera pour celle de rang k proportionnelle à

$$y_{k+1}^{\frac{3}{2}} - y_k^{\frac{3}{2}}.$$

Or (5)

$$y_k = h\sqrt{\frac{k-1}{n}}.$$

Les débits qui s'effectueront par chaque vanne individuellement seront donc entre eux comme les valeurs successives de la fonction

$$k^{\frac{3}{4}} - (k-1)^{\frac{3}{4}}.$$

La dérivée de cette expression

$$\frac{3}{4}\left\{\frac{1}{\sqrt[4]{k}} - \frac{1}{\sqrt[4]{k-1}}\right\},$$

étant essentiellement négative, la fonction elle-même est décroissante. Les débits vont donc en diminuant dans la profondeur; ce qui revient à dire que les vannes les plus efficaces se présentent les premières (*).

Au contraire, dans le système de l'égalité, toutes les vannes présentant la même section et la vitesse d'ensemble augmentant avec la profondeur, il est clair que la dépense ira elle-même en croissant, de sorte que les vannes capables d'opérer la vidange la plus rapide viendront les dernières. On aura par conséquent en cas de crue subite et de danger pressant (**) le bénéfice de la promptitude avec le système compensé.

16. Pour traduire cet avantage en nombres, remarquons que le débit s'effectuant simultanément par toutes les vannes déjà levées, on peut le caractériser proportionnellement, d'après la formule des déversoirs de superficie par

$$y_{k+1}^{\frac{3}{2}}.$$

Or dans le système compensé (5)

$$y_{k+1} = h\sqrt{\frac{k}{n}},$$

et dans celui de l'égalité

$$y_{k+1} = h \cdot \frac{k}{n}.$$

(*) Ce raisonnement suppose à la vérité l'indépendance des écoulements par les diverses vannes dans le débit général par-dessus un déversoir. Cette indépendance existe en effet d'après les formules admises pour ce dernier et pour les grands orifices rectangulaires, sauf la variation fort mal connue du coefficient de contraction. Il n'y a là, du reste, qu'un aperçu et je base plus loin une appréciation directe sur la formule des déversoirs.

(**) Il ne faut pas oublier que ces vannages très-lourds, ralentis par un frottement considérable, et confiés la plupart du temps à un seul homme, exigeront un temps notable pour leur manœuvre.

On aura donc

$$h^{\frac{3}{2}}\left(\frac{k}{n}\right)^{\frac{3}{4}}, \qquad h^{\frac{3}{2}}\left(\frac{k}{n}\right)^{\frac{3}{2}},$$

et le rapport suivant à l'avantage du premier

$$\left(\frac{k}{n}\right)^{\frac{3}{4}}.$$

Pour l'apprécier numériquement, supposons le cas très-pratique

$$n = 3.$$

On aura alors pour les trois levées distinctes

k	$\left(\frac{n}{k}\right)^{\frac{3}{4}}$
1	$3^{\frac{3}{4}} = 2{,}279379$
2	$\left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{3}{4}} = 1{,}355529$
3	$1 = 1{,}000000$

On voit que la première vanne dégorge $2\frac{1}{4}$ fois plus et l'ensemble des deux premières $1\frac{1}{3}$ fois plus dans le système compensé que dans celui de l'égalité.

17. Il est cependant nécessaire de se mettre en garde contre une fausse interprétation de ces résultats. Il est clair en effet que si les vannes supérieures du système compensé devaient exiger beaucoup plus de temps pour leur extraction que celles de l'égalité on pourrait craindre que ce ne soit, malgré le calcul précédent, avec le dernier appareil qu'on atteindra le plus tôt à un débit donné. Ces chiffres expriment seulement, en effet, qu'un moindre nombre de manœuvres distinctes suffira dans le système compensé pour

assurer un débit assigné d'avance. On voit même qu'en restant exclusivement dans cet ordre d'idées on serait amené à donner la préférence à la vanne unique qui n'exigera jamais qu'une manœuvre. Mais ce serait là une conclusion trop précipitée.

En effet si, pour introduire le temps nous le considérons comme proportionnel au travail développé, qui en forme évidemment la mesure la plus simple dans une matière aussi complexe, le problème qui consiste à employer le moins de temps possible pour atteindre à un débit donné, reviendra en d'autres termes à développer le moins de travail pour ouvrir une hauteur assignée. En effet le débit est une fonction de la hauteur. Mais alors, encore bien qu'il ne s'agisse plus de la hauteur totale, comme c'est cependant une hauteur déterminée on retombe identiquement sur la question traitée dans le § IV. A ce point de vue donc le système compensé est préférable à tous les autres et surtout à celui de la vanne unique pour lequel la différence est la plus marquée.

En résumé si on rapproche maintenant les résultats de ces deux manières de voir, qui ne sont nullement contradictoires et ont toutes les deux leur valeur propre, on reconnaîtra qu'à l'égard du débit comme pour le travail et pour l'intensité de l'effort, la prééminence appartient au système compensé.

NOTE RELATIVE AU COEFFICIENT D'IRRÉGULARITÉ.

J'ai indiqué ci-dessus (4) les avantages et les inconvénients qui résultent pour le système compensé de l'inégalité entre ses différentes vannes, ou si l'on veut entre la première et la dernière. Si l'on désigne par λ le rapport de leurs hauteurs,

$$\lambda = \frac{y_{n+1} - y_n}{y_2 - y_1}.$$

Ce caractère sera d'autant plus accusé que λ sera plus ou moins écarté de l'unité et rapproché de zéro. Formons donc l'expression de ce *coefficient d'irrégularité*.

Pour traiter la question dans toute sa généralité, nous reprendrons la formule (7) que nous écrirons de la manière suivante :

$$y_k = -\eta + \sqrt{(h_0+\eta)^2 + \frac{k-1}{n}(h-h_0)(h+h_0+2\eta)},$$

en faisant pour simplifier :

$$\eta = \frac{q+f\varpi}{p}.$$

On a évidemment :

$$y_{n+1} = h,$$

et, après réduction, en faisant $k = n$:

$$y_n = -\eta + \sqrt{(h+\eta)^2 - \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}.$$

On a de même :

$$y_1 = h_0$$

et, pour $k = 2$:

$$y_2 = -\eta + \sqrt{(h_0+\eta)^2 + \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}.$$

Il vient donc :

$$(11) \qquad \lambda = -\frac{h+\eta-\sqrt{(h+\eta)^2 - \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}}{h_0+\eta-\sqrt{(h_0+\eta) + \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}},$$

valeur essentiellement positive et moindre que l'unité, comme il serait aisé de s'en assurer.

Pour $n = 1$ on a $\lambda = 1$ comme cela devait être. Pour $n = \infty$, la fraction prend la forme $\frac{0}{0}$. Si on lui substitue dès lors le rapport des dérivées de ses deux termes relativement à n :

$$\sqrt{\frac{(h_0+\eta)^2 + \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}{(h+\eta)^2 - \frac{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}{n}}}$$

il vient en faisant $n = \infty$:

$$\Lambda = \frac{h_0 + \eta}{h + \eta}$$

c'est-à-dire :

$$\Lambda = \frac{p + (q + f\varpi)h_0}{p + (q + f\varpi)h}.$$

Telle est la limite extrême de l'écart en question, en le supposant aussi exagéré que possible. Et il faut bien remarquer qu'on en restera toujours à une certaine distance, puisqu'elle correspond à n infini, tandis que le nombre des vannes sera toujours fort restreint.

Je noterai, en passant, que la relation (11) peut se résoudre rationnellement par rapport à n, ce qui servira à déterminer le nombre de vannes d'après la limite d'écart que l'on désirera s'imposer. On obtient, en effet, à l'aide de réductions assez remarquables dont je ne veux donner que le résultat,

$$n = \frac{(\lambda^2+1)^2}{4\lambda} \cdot \frac{\left\{h + \lambda h_0 + (\lambda+1)\eta\right\}\left\{\lambda h - h_0 + (\lambda-1)\eta\right\}}{(h-h_0)(h+h_0+2\eta)}$$

ou, en relevant par la pensée le plan de comparaison à la hauteur η au-dessus de l'eau (6),

$$n = \frac{(\lambda^2+1)^2}{4\lambda} \cdot \frac{(H+\lambda H_0)\,(\lambda H - H_0)}{H^2 - H_0^2}.$$

On pourrait encore, par une équation du second degré à une seule racine positive, résoudre cette formule par rapport à sa troisième variable $\frac{H}{H_0}$; mais cette forme n'offrirait aucun intérêt pour l'application, car les hauteurs sont toujours données à priori, et c'est au contraire de λ ou n que l'on peut dans chaque cas disposer arbitrairement.

RÉSUMÉ

DE QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LE GRILLAGE DES BLENDES ARGENTIFÈRES.

Par M. SIMONNET.

A la suite de longues séries d'essais, exécutés en 1863-64, nous avons été amenés, M. A. Couannier, directeur des mines de Pontpéan et moi, alors ingénieur de cette exploitation, à des résultats assez inattendus et qui indiquent pour l'argent des réactions jusqu'à présent peu connues. Je viens les signaler, dans l'espoir que ces notes pourront être de quelque utilité aux personnes qui s'occupent de l'extraction de ce métal.

Il y a bientôt vingt ans que MM. Malagutti et Durocher ont signalé la présence, dans les blendes de Pontpéan, de quantités d'argent beaucoup plus considérables que celles que renferme la galène de même provenance. Mais, tandis que les minerais de plomb argentifère ont leur cours réglé et trouvent preneurs à des conditions acceptables, comme peu d'usines s'occupent de minerais de zinc tenant de l'argent, les blendes ne pouvaient être vendues qu'en Belgique ou en Angleterre, et à des prix relativement bas. A Swansea, MM. Dylwin sont propriétaires d'une méthode particulière et tenue secrète de traitement.

On sait aujourd'hui (*) que la désargentation s'opère après le grillage et avant la réduction pour zinc. On pouvait le prévoir alors, vu la décomposition des sels d'argent par les sulfures, ce qui implique un grillage antérieur,

(*) Docteur Percy, *Traité de métallurgie*.

et à raison de la nature des résidus de traitement pour zinc au sortir des cornues moufles ou creusets ; il suffit de les voir, car leur seul aspect amène à reconnaître que la désargentation doit précéder l'extraction de l'autre métal.

On n'en savait rien alors, et les recherches ont porté sur les diverses phases du traitement. Il y a d'ailleurs, ce me semble, une grande tentation, vu la stabilité des hyposulfites, à chercher à les constituer, puisque M. Malagutti a pu les appeler des « sulfites de sulfures, » et qu'avec des minéraux sulfurés l'argent est toujours à l'état de sulfure simple ou complexe.

Hâtons-nous de dire que nos recherches sur les minerais crus ont été sans résultats, et que le grillage des minéraux sulfurés tenant de l'argent est encore la condition première et indispensable du traitement. Nous excepterons cependant des recherches toutes spéciales dont nous aurons peut-être à donner sous peu les résultats.

Il fallait alors griller. Seulement là était l'écueil : le grillage devant être complet, en ce sens que les minerais ne devaient plus, après cette opération, renfermer de sulfures non oxydés, et, pour ne pas gêner l'extraction du zinc, le moins possible de sulfates.

Or, à part la propriété de ne pas s'agglomérer, la blende est un des minerais les plus pénibles à désulfurer. Pour peu que la température ou la venue d'air soient insuffisantes, la blende est inerte au grillage et l'oxydation ne se produit qu'avec une lenteur désespérante ; le sulfure doit être en poudre fine, il faut soutenir la température au rouge vif, remuer fréquemment, ce qui, soit dit en passant, a pour résultat ordinaire de rejeter à la partie inférieure de la couche des parcelles encore non oxydées qu'un autre rablage devra remonter ; en outre on produit beaucoup de sulfates basiques de zinc. Ce composé ne perd son acide qu'à des températures peu pratiques en elles-mêmes, abstraction faite de l'argent.

D'ailleurs, le récipient usuel de grillage, le four à réverbère, a contre lui une cause d'irrégularite de marche et une source de dépenses assez sérieuse. L'irrégularité résulte de l'influence considérable du mode de travail. La main de l'ouvrier intervient beaucoup, et il est difficile d'arriver à une influence identique; la source de dépenses et de retard vient des embrasures de travail.

Le four de grillage Zeppenfeld, qui a longtemps fonctionné à Pontgibaud, devait moins, suivant nous, sa plus grande efficacité à la double sole qu'à la différence de niveau entre les deux. De cette circonstance résultait pour la chauffe une indifférence presque entière pour l'ouverture des portes, et, chassé par la hauteur de la cheminée de communication, le courant gazeux pénétrait dans le récipient supérieur comme dans un four à courant d'air forcé. On pouvait dès lors régler le registre de la cheminée de sortie de façon à ce que les flammes ou fumées ne fussent pas refoulées par les portes de la sole supérieure, et de manière aussi à ce que l'entrée d'air frais par les mêmes orifices ne fût pas assez grande pour refroidir fourneau et minerai. On arrivait à griller d'une façon continue, au lieu de procéder, comme dans les fours ordinaires, par réchauffages et refroidissements successifs.

Si la présence de quelques unités de sulfures inattaqués est sans inconvénients en vue des traitements pour cuivre, plomb, etc., il n'en est pas ainsi lorsqu'il s'agit de l'argent. On arrive bien à chlorurer ce métal, puisque la chloruration est le point de départ de presque tous les procédés de désargentation usités, mais on sait que le composé une fois dissous dans un véhicule convenable, il y a double décomposition et que son extraction complète est impossible en présence des sulfures.

M. Dylwin paraît cependant réaliser ce grillage dans de bonnes conditions de régularité. Il n'y a (*), en effet, dans

(*) Docteur Percy, *loc. cit.*

le traitement pour zinc, que 9 p. 100 de différence, 1.5 au grillage et 7,4 à la réduction, entre les rendements et les teneurs fournies par les essais. Avec quel soin, quelle profusion de calorique ne doivent pas être conduites des opérations donnant des résultats qu'on oserait à peine promettre d'atteindre au laboratoire !

Le four est d'ailleurs à deux soles recevant chacune, et successivement, une tonne de blende qui passe 22 heures dans le four.

D'autre part, si dans la plupart des opérations métallurgiques on peut corriger les défauts des appareils par une prolongation du travail et une élévation gratuite de température, on ne peut avoir recours à ces moyens d'action quand il s'agit de blendes argentifères. MM. Durocher, Malagutti et Plattner ont établi que les minerais perdent de l'argent, sinon par une prolongation de séjour, au moins par une élévation de la température.

Il est de rigueur, en effet, de ne pas dépasser le rouge sombre, si on veut éviter les pertes de métal précieux. Je m'abstiendrai de toute hypothèse sur la cause de ces pertes et l'état où le métal se volatilise, mais le fait subsiste et le quantum perdu peut, dans le cas qui nous occupe, atteindre 60 p. 100 du métal précieux. Or, aux températures permises, l'oxydation complète des sulfures est presque impossible à réaliser, et en tous cas la décomposition des sulfates tout à fait nulle.

Il y a encore cette particularité : au cas où la désargentation eût été la dernière opération de la série ; que, tandis que la réduction pour zinc n'enlève pas d'argent aux blendes grillées qui en ont perdu au grillage, la même opération, la réduction, en fait perdre, s'il s'agit d'un grillage conduit de façon à n'avoir pas causé de pertes.

La question étant ainsi posée à l'époque de nos recherches, la première idée était évidemment de chercher à empêcher les pertes d'argent au grillage, tout en permettant

d'opérer ce grillage à une température qui en fît rentrer la durée dans des limites pratiques et permît de détruire partie au moins des sulfates produits. Rien de plus naturel alors, admis que la volatilisation ne se fît pas à l'état de corps simple, que de chercher à détruire la combinaison volatile quelle qu'elle fût. On pouvait espérer d'y arriver en substituant à l'argent un corps de propriétés analogues.

Or l'oxyde d'argent joue dans toutes les combinaisons connues le rôle d'une base très forte. C'était donc parmi les bases qu'il convenait de chercher et la chaux se présentait immédiatement à l'esprit.

On procéda alors, sous le moufle du four de coupelle, à des grillages, d'abord à basse température, avec coup de feu final au blanc, puis avec des températures soutenues, de blende mélangée à du calcaire. Le succès fut complet, et tandis que des essais similaires sans matière préservatrice accusaient des pertes fort considérables au grillage, toutes les fois que le calcaire se trouva en assez forte proportion pour entourer le minerai ou, plus exactement sans doute, de manière à ce que chaque molécule gazéifiée fût en contact avec le composé calcique, il n'y eut pas la moindre perte en métal.

Il convenait de vérifier si la réduction pour zinc n'amènerait pas la perte dont on s'était préservé au grillage. On traita donc pour zinc des blendes grillées dans les conditions ci-dessus, et les résidus, essayés pour argent, accusèrent une anomalie dont nous ne parlerions pas si la fréquence des essais et la complète concordance des résultats n'avaient mis la chose hors de doute.

Invariablement, en pareil cas, le bouton d'argent obtenu fut plus fort que celui que rendait à l'essai direct même quantité de minerai grillé ou même de minerai cru. Inutile de dire que calcaire et réactifs employés étaient absolument dépourvus d'argent.

Pour être anormal, le fait n'est d'ailleurs pas sans pré-

cédents, et MM. Malagutti et Durocher ont signalé quelque chose d'analogue à propos des pyrites du Huelgoat. Il y a donc un composé réfractaire à l'action, si puissante cependant, de la litharge, et pour l'argent une affinité plus énergique que celle qu'il manifeste pour le plomb. Il est cependant difficile, vu le mode de conduite des essais, d'admettre l'existence de composés sulfurés dans les scories.

Dans les minerais de plomb eux-mêmes on rencontre des écarts analogues, et, tandis que quelques-uns donnent à l'essai au creuset de fer, soit avec du carbonate de soude, soit avec un fondant plus complexe, des boutons tenant tout le fin de la prise d'essai, d'autres, au contraire, n'en abandonnent ainsi qu'une partie; la teneur ainsi déterminée est trop faible et, pour fixer leur richesse exacte, il convient d'avoir recours à l'essai direct pour argent. D'ailleurs il y a toujours dans les usines à plomb bonification au traitement, et constamment les quantités produites dépassent pour l'argent ce que faisaient présumer les essais.

En ce qui touche les blendes de Pontpéan le procédé était donc trouvé; il est vrai qu'on pouvait lui adresser quelques reproches.

Il y avait d'abord celui d'appauvrir les minerais, reproche bien capital dans un traitement qui brûle 11 de houille pour 1 de métal réalisé; celui encore d'introduire dans ses matières des combinaisons sulfurées de chaux qui, détruites à la réduction, pouvaient régénérer de la blende et par suite diminuer le rendement, en ne laissant pas en outre de gêner la désargentation ultérieure; celui enfin, beaucoup moins fondé, croyons-nous, en cas de persistance des combinaisons oxydées du calcium, de favoriser l'attaque des moufles, cornues ou creusets.

On avait aussi objecté que les calcaires employés étant impurs — et il devait en être ainsi pour ne pas fonder un procédé sur des exceptions non réalisables en grand — l'ar-

gile associée au calcaire pouvait être la cause déterminante de la préservation observée; que l'argent, dès lors, devait se trouver à l'état de silicate, ce qui rendait son extraction ultérieure presque impossible par tout autre mode que la fusion avec des matières plombeuses.

On procéda alors à quelques nouvelles séries d'essais; les unes avec de l'argile, les autres avec du calcaire pur, d'autres avec d'autres corps ne présentant pas les inconvénients chimiques de la chaux.

Avec le blanc de Meudon la préservation est complète; avec l'argile aussi et dans ce dernier cas partie au moins de l'argent est en effet à l'état de silicate; les autres corps essayés, fer, fonte, charbon, etc., sont sans action.

Il fallait donc chercher autre chose; la préparation mécanique étant impuissante à séparer les composés calciques des minerais, on employa des substances de calibre différent. On mélangeait des calcaires en grains aux blendes pulvérulentes, des calcaires pulvérisés aux blendes en sable grossier, et un simple tamisage après l'opération permettait d'isoler presque exactement les deux produits.

Seulement, on constata alors un fait nouveau et fort imprévu, le minerai ne renfermait plus d'argent et ce métal s'était entièrement porté sur le calcaire; les traces d'argent que conservait le minerai provenaient de l'écrasement accidentel de quelque fragment calcaire dans les brassages du mélange.

Le problème se simplifiait dès lors beaucoup, et la séparation de l'argent semblait assurée dans des conditions fort pratiques; restait à détruire la combinaison formée et à extraire le métal de sa nouvelle gangue.

L'examen sommaire des produits argentifères, montra qu'ils se composaient de chaux libre, de sulfate et d'oxysulfure ou sulfure de calcium; sa désargentation menaçait donc d'être laborieuse, car on ne pouvait songer à chlorurer ni à amalgamer, et la fusion avec des matières plom-

beuses s'imposait d'une manière absolue; le plomb, toujours un peu associé aux blendes, avait en majeure partie accompagné l'argent; mais il est évidemment en proportions trop faibles pour faciliter quoi que ce soit.

On chercha alors à enrichir davantage les oxysulfures, et à voir si un seul grillage suffisait à amortir les propriétés absorbantes du calcaire. On fit donc plusieurs grillages successifs en employant toujours les mêmes grains. On put remarquer que le transport de l'argent s'opérait encore, avec moins de netteté cependant après quelques opérations, et obtenir des oxysulfures tenant 500 grammes d'argent aux 100 kilog.

Le procédé fut ensuite appliqué sur une échelle presque industrielle, et les grillages opérés dans un four à réverbère de grandes dimensions; il fonctionna assez régulièrement. Néanmoins l'écrasement par le rable d'une assez forte proportion de calcaire qui était par lui-même peu résistant causait une certaine perte d'argent qui restait ainsi avec les minerais. A l'air très-humide quelques grains venaient aussi à fuser et on devait tamiser les oxysulfures pour les débarrasser des poussières avant de les employer de nouveau.

La sole du four se recouvrait en même temps d'un enduit ferrugineux assez riche en argent.

Le contact de l'oxygène est indispensable au transport de l'argent et tous les essais dans le sens des calcinations n'ont pas donné de résultats favorables.

On vérifia ensuite que ce ne fût pas seulement l'argent de ces minerais qui subît ce déplacement, et on grilla au four de coupelle des mélanges enrichis avec du sulfure d'argent précipité; le métal fut presque entièrement retrouvé dans les oxysulfures. On soumit à la même opération divers minerais argentifères, entre autres des minerais des Sallanches, de l'Altaï et des Jamesonites; les résultats furent négatifs et pour ces dernières surtout l'opération est presque impraticable vu la tendance à l'empâtement.

La désargentation des oxysulfures restant avec ses difficultés, moins leur plus forte teneur, on se rejeta sur un autre côté de la question. On remarquera cependant qu'à la condition d'avoir à proximité une usine à plomb traitant des minerais siliceux, ils fournissaient une solution fort acceptable, moyennant quelques précautions et tours de main bien faciles à prévoir et à acquérir. On eût alors vendu les blendes grillées, c'est-à-dire ayant perdu de leur poids mort, en réservant l'utilisation des soufres si elle était rendue possible; et, malgré les composés sulfurés, les usines à plomb auraient sans doute payé l'argent des oxysulfures à un taux convenable.

On voulut cependant trouver mieux et on essaya le carbonate de soude comme agent de préservation. On voulait chlorurer, simultanément ou par une opération spéciale, et tâcher de réaliser ainsi l'argent d'une manière plus immédiate. On l'employa, soit en dissolution, soit en poudre mélangée par avance aux minerais humides, et la solubilité du sel permet en facilitant sa répartition égale d'en employer un très-faible poids : 5 p. 100 de cristaux de soude suffisent très-bien à une préservation complète de l'argent.

Nous n'avons éprouvé pour chlorurer l'argent et le plomb aucune des difficultés qui ont, croyons-nous, arrêté quelques usines lorsqu'elles ont voulu opérer sur des blendes. On peut chlorurer dans le four de grillage; seulement, sa température étant plus élevée, il y a perte d'un peu de chlorure d'argent et il est préférable d'avoir recours à un autre moyen.

L'argent et le plomb, qui l'accompagne le plus souvent dans ses réactions, ont une grande tendance à passer à l'état de chlorure. Disons en passant que dans un autre ordre d'idées nous avons pu chlorurer presque intégralement l'argent des galènes et que nous n'avons pu nous apercevoir des difficultés qu'ont éprouvées MM. Durocher et Malagutti.

En projetant le minerai rouge à sa sortie du four de grillage dans de l'eau tenant 5 p. 100 du poids du minerai, de sel marin, ou quantité analogue d'acide chlorhydrique on chlorure la majeure partie du plomb et de l'argent. On arrive au même résultat en mouillant le minerai avec suffisante proportion d'eau salée et chauffant dans une cornue coulante; seulement l'opération exige quelques précautions, surtout avec un tuyau de diamètre un peu fort; l'agglomération ralentit ou arrête la descente, et quand ensuite on la provoque, si les parties encore mouillées arrivent dans une portion trop chauffée le dégagement de vapeur vide le tube et l'opérateur peut être cruellement brûlé.

En tous cas il faut pour ces opérations fort peu de combustible et l'influence de l'ouvrier est presque nulle, ce qui nous semble une excellente condition au cas de produits d'une valeur aussi élevée que l'argent.

Seulement la chloruration n'obvie naturellement pas aux imperfections du grillage et c'est toujours le plus sérieux écueil à redouter. 1 ou 2 p. 100 de sulfures sont bien peu de chose et suffisent cependant à faire perdre une forte proportion d'argent qui reste avec les résidus et ne peut guère être recouvrée.

Les recherches devaient être conduites plus loin, et malgré les difficultés et inconvénients de la voie humide c'est vers elle que toutes nos réflexions nous faisaient incliner; mais des changements fort notables dans les propositions des acheteurs, après communication des résultats ci-dessus, enlevèrent à ces études leur intérêt immédiat; elles furent donc réservées à une nouvelle occasion.

Qu'il me soit permis en terminant ces notes de témoigner à MM. Gruner et Malagutti toute notre gratitude pour l'obligeance avec laquelle ils nous ont aidés de leurs conseils et soutenus de leur expérience.

Riom, avril 1869.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE.

Par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

Nous nous proposons de résumer sommairement les principaux travaux de géologie qui ont été publiés en 1868 et 1869. Comme l'année précédente, ces extraits se composeront de deux parties, les terrains et les roches. Les terrains ont été traités par M. de Lapparent et les roches par M. Delesse.

PREMIERE PARTIE.

TERRAINS.

TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

Terrains antérieurs au terrain silurien.

PYRÉNÉES. — M. Garrigou (1) a annoncé l'existence du terrain antésilurien dans les Pyrénées. L'auteur a d'abord constaté qu'un terrain, encore sans fossiles, formé de schistes ardoisiers, de gneiss et de granite, passe sous le silurien supérieur dans l'Ariége et la Haute-Garonne. Ce terrain, orienté O. 12° N., est considéré par M. Garrigou comme le représentant du terrain silurien inférieur.

Au-dessous de ce système on observe un granite à mica noir avec des couches de schiste et de calcaire, le tout dirigé O. 40° N.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 97.

(système du Morbihan). Enfin à ces couches succède une nouvelle série ayant une direction moyenne de E. 16°N. (système du Finistère) et formée de granite à tourmaline, souvent kaolinisé, avec bandes calcaires intercalées.

M. Garrigou rapporte le système dirigé O. 40°N. au terrain cambrien et fait de la série inférieure l'équivalent du terrain laurentien des géologues canadiens. Il annonce, en outre, qu'il a trouvé dans cette dernière série des calcaires serpentineux où il a cru reconnaître la structure qui caractérise l'*Eozoon canadense*.

TERRAIN SILURIEN.

GRANDE BRETAGNE. — CUMBERLAND. — MM. Harkness et Nicholson (1) ont signalé la présence d'une riche faune de graptolithes dans la portion du terrain silurien du Cumberland que M. Sedgwick a nommée les *Coniston flags* (2). Cette faune, entièrement nouvelle, y compris six espèces de Diplograpsus, est formée d'espèces qui ont la plus grande affinité avec les formes caractéristiques du Llandeilo supérieur. Le calcaire de Coniston, sur lequel reposent les flags, serait de l'âge du groupe de Caradoc et de Bala; quant au grès de Coniston, qui les surmonte, il paraît se relier plutôt au silurien inférieur qu'au silurien supérieur, contrairement à l'opinion professée par M. Hughes (3). Il y aurait donc, dans le Cumberland, un développement exceptionnel de roches contenant la faune du silurien inférieur (Caradoc et Bala), avec quelques nouvelles formes organiques dans les assises supérieures.

Les principaux graptolithes des Coniston flags sont, d'après M. Nicholson (4): Diplograpsus palmeus, D. folium, D. confertus, D. pristis; Retiolites perlatus; Rastrites Linnæi, R. peregrinus; Graptolites lobiferus, G. Sedgwickii, G. Nilssoni, G. Bohemicus, G. priodon, G. colonus, etc.

LANARKSHIRE. — M. H. Woodward (5) a décrit un nouveau crustacé fossile, analogue aux limules, le Neolimulus falcatus, provenant des schistes siluriens supérieurs du Lanarkshire; ce

(1) *Geol. Mag.*, V, 240. — *Geol. Society*, 25 mars 1868.
(2) *Revue de Géologie*, VI, 160.
(3) *Revue de Géologie*, VII, 163.
(4) *Geol. Mag.*, V, 436. — *Geol. Society*, 17 juin 1868.
(5) *Geol. Mag.*, V, 1.

fossile est aujourd'hui le représentant le plus ancien de la famille des Xiphosures, qui, jusqu'ici, n'avait pas été rencontrée dans des terrains antérieurs au terrain carbonifère : il a des analogies avec les genres Belinurus et Hemiaspis.

BAVIÈRE. — La faune silurienne des environs de Hof en Bavière a offert à M. Barrande (1) des particularités intéressantes et dont nous avons déjà donné un court aperçu (2). Parmi les espèces fossiles recueillies dans les schistes de Hof, plus de la moitié sont des trilobites qui présentent un mélange caractéristique des types de la faune primordiale (Conocephalites, Olenus, Agnostus) avec ceux de la faune seconde (Asaphus, Calymene, Lichas, Cheirurus). Le genre Paradoxides n'y est pas représenté.

Quant aux autres mollusques (Hyolithes, Orthis, Lingula, Discina, Obolus), ils appartiennent presque tous à la faune primordiale.

Mais tandis que plusieurs des formes de Hof sont spécifiquement identiques avec celles des régions siluriennes du Nord de l'Europe, cette localité n'a aucune espèce qui lui soit commune avec le bassin de la Bohême. Il ne devait donc y avoir, à l'époque silurienne, aucune communication durable entre ce bassin et les mers voisines : par suite la Bohême était prédestinée à la réalisation du phénomène des *colonies*.

L'alliance de la faune première et de la faune seconde dans les schistes de Hof est un fait semblable à ceux que M. Salter a déjà constatés en Angleterre. Elle prouve qu'entre ces deux faunes il n'y a pas de limite bien tranchée et qu'elles représentent, au point de vue paléontologique, deux unités, successives mais inséparables, d'un même système géologique.

SILÉSIE. — Les schistes de l'Oberlausitz, qui d'abord avaient été considérés comme azoïques, ont fourni dans ces dernières années, en plusieurs endroits, des graptolithes qui conduisent à les rattacher à la formation silurienne. Déjà deux gisements de graptolithes avaient été reconnus, l'un par M. Glocker à la briquerie d'Horscha, l'autre par M. Peck (3) dans les schistes alunifères de Lauban. Depuis, M. Peck (4) a signalé, d'après les indications de MM. Schmidt et Hausmann, deux autres gisements du même

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 641.
(2) *Revue de Géologie*, VII, 164.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1866, 459.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 370.

genre, l'un sur l'Eichberg près de Weissig, non loin de Kœnigswartha en Saxe; l'autre dans les environs de Niesky et Oederwitz.

Amérique du Nord. — On a beaucoup discuté sur la véritable place du groupe nommé *taconique* (1) par Emmons, groupe qui, dans l'esprit de son auteur, comprenait une série de couches inférieures au terrain silurien.

La commission géologique du Canada, d'accord en cela avec la plupart des géologues américains, a fait du taconique l'équivalent du groupe de Québec ou silurien inférieur. Cependant cette assimilation a été combattue par M. Marcou et, plus récemment encore, par M. Perry, qui admet, dans l'État de Vermont, la présence d'un taconique moyen et d'un taconique inférieur. Le premier comprendrait les schistes de Géorgie et de Swanton et le second les schistes calcaires et conglomérats du groupe de Québec.

M. Sterry Hunt (2) s'est attaché au contraire, à démontrer qu'il n'existe, dans l'État de Vermont, à l'exception d'une faible trace de laurentien, aucun vestige d'une formation antérieure au grès de Potsdam; que le prétendu taconique de M. Perry est formé en partie de Potsdam, en partie de schistes d'Utica, d'Hudson-River et du groupe de Québec; qu'enfin la faune primordiale du Nouveau-Brunswick n'a jusqu'à présent été constatée en aucun point du Vermont ou du Canada.

Ajoutons que M. O. C. Marsh (3) a repris l'étude d'un prétendu fossile découvert par Emmons dans le taconique inférieur de la Caroline du Nord et regardé par ce savant comme un polypier auquel il donnait le nom de Palæotrochis. Suivant M. Marsh, le Palæotrochis aurait une origine purement minérale et résulterait d'un phénomène semblable à celui qui est connu sous le nom de « cônes emboîtés. »

Limite supérieure du terrain silurien.

Illinois. — D'après M. Worthen (4) il est très-difficile de tracer, dans l'Illinois, une limite nette entre le terrain dévonien et la formation silurienne. Les couches de passage sont constituées

(1) *Revue de Géologie*, II, 177.
(2) *Americ. Journ.*, XLVI, 222.
(3) *Americ. Journ.*, XLV, 217.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 140.

par des calcaires siliceux (calcaires de Clear Creek), puissants de 100 à 120 mètres, dont la partie supérieure contient des fossiles dévoniens bien caractérisés, tandis que les couches inférieures renferment une faune franchement silurienne. C'est sur ces couches de passage que repose le grès d'Oriskany. A leur base se développe le calcaire du Niagara.

TERRAIN DÉVONIEN.

GRANDE-BRETAGNE. — CORNOUAILLES. — M. Salter (1) a découvert, dans la collection de M. Wyatt Edgell, une plaque céphalique d'un poisson appartenant aux schistes dévoniens du Cornouailles et qu'il a identifié avec le Pteraspis du vieux grès rouge. Cette trouvaille lui a fait soupçonner que le prétendu spongiaire décrit par M. Mac Coy, dans le même terrain sous le nom de Steganodictyum cornubicum, pourrait être, en réalité, un poisson du genre Pteraspis: cette opinion est partagée par M. Woodward, qui fait de cette espèce le Scaphaspis cornubicus (Archæoteuthis Dunensis de Roemer), et par M. Ray Lankester (2).

La découverte qui vient d'être mentionnée a son importance, car si les poissons abondent dans le vieux grès rouge proprement dit, ils sont très-rares dans les schistes dévoniens.

ARDENNES. — M. Gosselet (3) a retrouvé, tant dans le système ahrien de Dumont que dans l'étage de Burnot qui le surmonte, plusieurs des fossiles du système coblentzien, Spirifer carinatus, S. arduennensis, Leptæna Murchisoni, Pleurodictyum problematicum, Rhynchonella Dalcidensis. M. Gosselet est donc d'avis de comprendre le système ahrien, avec les couches de Burnot et les schistes à Spirifer cultrijugatus, dans le dévonien inférieur ou terrain rhénan.

POLOGNE. — M. Zeuschner (4) a signalé, dans le terrain dévonien de la Pologne, entre Sandomierz et Chenciny, une assise assez puissante de dolomie située au-dessous des schistes gris à Posidonomya venusta. La dolomie y est nettement stratifiée, en lits assez

(1) *Geol. Mag.*, V, 247.
(2) *Geol. Society*, 17 juin 1868.
(3) *Bulletin de l'Académie des sciences de Belgique*; 2e série, XXVI, 289.—Communiqué par M. G. Dewalque.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 797.

minces; quelquefois elle est blanche, caverneuse et drusique comme celle du Schlern dans le Tyrol. Les fossiles y sont rares; cependant une couche de marne intercalée dans la dolomie a fourni des exemplaires très-bien conservés de Lingula paralleloïdes, avec d'autres fossiles que M. de Koninck (1) a reconnus comme appartenant au terrain dévonien moyen ou système eifelien.

Dans une localité, la même dolomie a offert une couche de quartz lydien.

Limite supérieure du terrain dévonien.

GRANDE-BRETAGNE. — M. Harvey Holl (2) a signalé des discordances de stratification marquées entre le terrain houiller et les roches dévoniennes du Devonshire méridional et du Cornouailles. Ces roches, composées de calcaires et de schistes argileux contenant des Pteraspis et autres restes de poissons, équivaudraient au vieux grès rouge d'Écosse et devraient être nettement séparées du système carbonifère. Leur ensemble représenterait le terrain dévonien moyen.

AUSTRALIE, NOUVELLE-GALLES DU SUD. — D'après M. W. B. Clarke (3), il y a, dans la Nouvelle-Galles du Sud, un passage graduel entre le dévonien et le carbonifère : quelquefois même on observe un mélange de polypiers siluriens avec les Lepidodendron, Sigillaria et autres plantes du carbonifère inférieur. Dans la colonie de Queensland, les Productus sont associés aux trilobites.

En outre, quelques couches de grès et de conglomérats rappellent le vieux grès rouge anglais.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

RUSSIE. — M. de Moeller (4) a décrit les trilobites carbonifères de la Russie; ces crustacés se rencontrent dans deux horizons, savoir : le plus souvent dans les calcaires à fusulines et plus rarement dans les calcaires inférieurs à Productus giganteus.

(1) *Bulletin de l'Académie des sciences de Belgique;* 2e série, XXVI, 17.
(2) *Geol. Mag*, V, 290. — *Geol. Society*, 22 avril 1868.
(3) *Americ. Journ.*, XLV, 340.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 510.

Tous les individus se rapportent aux deux genres Phillipsia et Brachymetopus; le premier comprenant toutes les espèces décrites sous le nom générique de Griffithides.

AUSTRALIE. — M. W. B. Clarke (1) maintient l'attribution qu'il a faite des couches de houille de la Nouvelle-Galles du Sud au terrain carbonifère (2). Il établit que, dans cette colonie, jamais les Palœoniscus n'ont été trouvés associés aux ammonites et aux pentacrinites, comme le croit M. de Zigno: de plus, dans les couches de Hawkesbury et de Wianamatta, on a découvert, avec les Palæoniscus et les Glossopteris, des ichthyolithes (Cleithrolepis, Myriolepis, etc.), auxquels M. de Egerton a reconnu un caractère paléozoïque; et, dans la colonie de Queensland, M. Daintree (3) a constaté que des couches marines à faune carbonifère reposent sur des assises à Glossopteris. Enfin, dans la Tasmanie, des fossiles paléozoïques comme Orthonota, Spirifera, Fenestella, Pachydomus, Theca, se rencontrent associés au charbon. Cependant, pour ce qui concerne les couches de Wianamatta et de Hawkesbury, M. Clarke ne repousse pas complétement la possibilité de leur adjonction au trias.

NOUVELLE-ECOSSE. — M. Dawson (4) a signalé la découverte d'un nouveau fossile terrestre dans le terrain houiller de Joggins (Nouvelle Ecosse). Ce gisement, où l'on avait déjà trouvé des exemplaires de Pupa venusta dans un tronc de Sigillaria, a fourni récemment un limaçon qui a été décrit par M. Carpenter sous le nom de Zonites (conulus) priscus.

Cette découverte vient encore à l'appui des hypothèses qui font dériver la houille de la décomposition de plantes terrestres.

Limite supérieure du terrain carbonifère.

RUSSIE. — Nous avons parlé l'année dernière (5) de la difficulté que les géologues américains éprouvent à établir la séparation du terrain carbonifère et du terrain permien. Le même cas se présente

(1) *Americ. Journ.*, XLV, 342.
(2) *Revue de Géologie*, VII, 175.
(3) *Americ Journ*, XLV, 344.
(4) *Geol. Society*, XXIII, 330.
(5) *Revue de Géologie*, VII, 179.

en Europe: ainsi, d'après M. Barbot de Marni (1) le zechstein du nord de la Russie d'Europe a beaucoup d'espèces communes avec le calcaire carbonifère. Telles sont les Fenestella infundibuliformis, Terebratula elongata (hastata), Athyris Roissyi, Productus Koninckianus, Streptorhynchus crenistria, Spirifer cristatus, Gervillia antiqua. Les calcaires de Ust-Nem sur la Wytschegda présentent même des caractères si peu tranchés qu'il est impossible de décider s'ils appartiennent au zechstein ou au calcaire carbonifère.

ILLINOIS. — Il en est de même dans l'Illinois, où M. Worthen (2) a supprimé le terrain permien de sa nomenclature en posant en principe que le permien d'Europe est l'équivalent d'une série de couches qui, en Amérique, ne saurait en aucune façon être séparée du grand bassin houiller de l'Ouest. Cette conclusion, on le voit, est beaucoup plus radicale que celle de M. Meek qui admettait l'existence, dans le Nebraska, du terrain permien relié à la formation houillère par un système de passage dit permo-carbonifère.

TERRAIN PERMIEN.

ESPAGNE. — M. de Verneuil (3) a constaté la présence du terrain permien non-seulement dans la Serrania de Cuenca, où M. Jacquot l'a reconnu et décrit, (4) mais encore dans les provinces de Grenade et de Jaen, où les dépôts paléozoïques de la Sierra Morena sont séparés des terrains tertiaires par des grès rouges et des calcaires dolomitiques qui semblent contemporains du grès des Vosges.

ITALIE. — M. Suess (5) a découvert, dans le val Trompia, des plantes fossiles parmi lesquelles il est facile de reconnaître les Walchia piniformis et W. filiciformis, caractéristiques du terrain permien. C'est la première constatation du terrain permien dans la région alpine.

SILÉSIE. — Le riche gisement de fossiles du zechstein de Flohrsdorf dans l'Oberlausitz vient encore de fournir à M. Peck (6), à

(1) *Neues Jahrbuch*, 1869, 725.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, 140.
(3) Explication sommaire de la carte géologique d'Espagne. Paris, Savy, 1869.
(4) *Revue de Géologie*, VII, 178.
(5) *Sitzungsberichte des naturw. Ges. Isis*, 1869, 179.
(6) *Neues Jahrbuch*, 1868, 370.

côté des Avicula speluncaria, Serpula pusilla, Eocidaris Keiserlingi, Stenopora columnaris, etc., une nouvelle récolte d'espèces, parmi lesquelles: Pygopterus Humboldti, Cythere turonica, Arca striata, Nodosaria Geinitzi, N. Kingi, Dentalina permiana, etc.

En outre, les sondages exécutés à Haugsdorf près de Naumburg sur Queis ont fait découvrir plusieurs couches, puissantes de 2 à 3 mètres, d'un gypse parfaitement approprié aux usages industriels et qui paraît être, dans cette localité, le représentant du zechstein moyen ou inférieur.

TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

PROVENCE. — M. Coquand (1) a décrit la composition de l'étage du Keuper dans la Provence, aux environs de Montferrat (Var). Cet étage y est très-complexe et présente, du haut en bas, la série suivante:

Partie supérieure	Argiles vertes et dolomies	10	mètres.
	Cargneules supérieures	12	—
Partie inférieure	Argiles rouges	3	—
	Argiles charbonneuses	15	—
	Cargneules vertes	2	—
	Argiles gypsifères	5	—
	Ciment terreux	2	—
	Ciment	8	—
	Gypses	2	—
	Cargneules grises	1	—
	ypse en amas	30	—
	Argiles bariolées	10	—
		100	mètres.

Ce qui caractérise le Keuper inférieur de cette région, c'est surtout la présence du charbon, accompagné de fer carbonaté lithoïde, et celle du ciment naturel. La houille et le fer carbonaté s'y présentent en nids et en amas au milieu de l'argile et ne for-

(1) *Bulletin de la Société géologique;* 2ᵉ série, XXV, 291.

ment nulle part de couches continues. Le ciment n'est qu'une manière d être particulière des cargneules: il contient 19 p. 100 de magnésie dans le vallon de la Madeleine. Quant au gypse, il est intimement associé au charbon et au fer carbonaté, de sorte que M. Coquand ne met pas en doute son origine sédimentaire.

BAVIÈRE. — M. Nies (1) a décrit l'étage du keuper dans le Steigerwald. Cet étage, dont la puissance totale est de 218 mètres, repose sur le groupe du Lettenkohle par l'intermédiaire de la dolomie connue sous le nom de *Grenz-dolomit* et que caractérise l'abondance de la Myophoria Goldfussii. Les couches qui se développent au-dessus sont, en ordre ascendant :

1° Gypse et marnes.

2° Couches à Myophoria Raibliana et bancs de galène; cette dernière avec pyrite cuivreuse, malachite et baryte sulfatée.

3° Marnes bigarrées avec gypse et marnes pierreuses contenant des Estheria.

4° Grès à roseaux (Schilfsanstein), le plus riche gisement de plantes fossiles de tout le keuper. Parmi ces plantes, quatre espèces sur onze se retrouvent dans le grès du Lettenkohle.

5° Marnes bigarrées et pierreuses (couches de Lehrberg de Guembel), sans aucune intercalation de gypse, ce qui distingue nettement cet étage des précédents.

6° Grès à Semionotus, ne possédant en commun avec le Schilfsandstein que l'Equisetites arenaceus.

De plus, M. Nies (2) accepte l'opinion professée par M. Levallois (3) sur la place géologique de la dolomie de Beaumont à la hauteur des couches de Lehrberg et sur l'assimilation du grès moyen de la Lorraine au schilfsandstein.

SOUABE ET FRANCONIE. — M. F. Sandberger (4) s'est occupé à différentes reprises (5) du trias de la Souabe et de la Franconie. A la suite de nouvelles études, il a résumé, conformément au tableau suivant, la concordance des couches triasiques inférieures dans diverses contrées.

---

(1) *Beitraege zur Kenntniss des Keupers im Steigerwald*, *Würzburg*, 1868.
(2) *Neue Würzburger Zeitung*, 20 novembre 1868.
(3) *Revue de Géologie*, VII, 181.
(4) *Würzburger naturwissensch. Zeitschrift*, VI, 131. — *Neues Jahrbuch*, 1868, 234.
(5) *Revue de Géologie*, IV, 167; VI, 170.

	… et Duché de Bade.	Wurzburg.	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Wellenkalk supérieur.	Inconnu.	Calcaire marneux à Ceratites luganensis.	Dolomie à sauriens du Bauchthal, près d'Iéna, avec Voltzia elegans.	Dolomie d'Himmelwitz, avec Dactylopora et Myophoria orbicularis.	Couches à céphalopodes de Reifling, Kerschbuchhof, près d'Inspruck, Reutte, Berchtesgaden, Prezzo Daone, etc., avec Ceratites binodosus, C. luganensis, Amm. Studeri. — Dans le sud avec Voltzia recubariensis.
	Schiste marneux à myophoria orbicularis (connu partout).	Schiste marneux à myophoria orbicularis.	Schiste marneux à Myophoria orbicularis (connu en beaucoup de points).		
	N'existe pas.	Calcaire écumeux.	Calcaire écumeux.	Calcaire de Mikulschütz.	
Wellenkalk moyen.	Banc à spiriferina hirsuta.	Banc à spiriferina hirsuta.	Pas encore reconnu.	Couches à encrinites et à térébratules.	Couches à brachiopodes de Recoaro, Reutte, des Alpes bavaroises, etc.
	N'existe pas.	Banc à spiriferina.	Inconnu.		
	Inconnu.	Banc à térébratules.	Banc à térébratules partout reconnu.		
Wellenkalk inférieur.	Inconnu.	Banc à dentales.	Banc à dentales connu jusqu'à Cassel et Gœttingen.	Couches de Gorasdze, Blauer, Sohlenstein, couches de Chorzow.	Calcaire rouge à natica gregarea et Holopella gracilis du Val Sugana.
	Wellenkalk inférieur (manque entre Bâle et Bade).	Wellenkalk inférieur.	Wellenkalk inférieur avec Lingula, nombreux vertébrés et Ceratites Buchii.		
	Wellendolomit, très-puissante dans le sud, diminue vers le nord.	Wellenkalk inférieur.		Calcaire drusique.	Dolomie grise, s'altérant en jaune, avec Pecten Margheritæ, dans les Alpes méridionales. — Calcaire de Guttenstein (en partie), dans les Alpes septentrionales.
Grès bigarré.	Grès dolomitique d'Emmendingen en Brisgau.	Marne dolomitique ou grès à myophoria costata, et modiola triquetra.	Marne dolomitique ou grès à Rhizocorallium, Myophoria costata et Modiola triquetra.	Marne dolomitique à Rhizocorallium.	Marne dolomitique et grès à Posidonomya claræ, Myophoria costata et Modiola triquetra.
	Argiles rouges, peu puissantes.	Argiles rouges.	Argiles rouges, fréquemment avec gypse.	Argiles rouges.	Couches de Werfen, souvent avec gypse et sel.
	Banc à cheirotherium, inconnu au sud du Wurtemberg.	Banc à Cheirotherium.	Banc à Cheirotherium de Fulda, Hildburghausen, etc.	Inconnu.	
	Grès bigarré avec Voltzia, Anomopteris, Equisetum Mougeoti.	Grès bigarré contenant rarement, dans ses couches supérieures, Equisetum Mougeoti et Voltzia.	Grès bigarré; à Iéna, premières traces de Cheirotherium.	Grès bigarré.	

— Les études de M. Sandberger se sont étendues aussi (1) au muschelkalk, qui est remarquablement développé à Würzburg, où l'on peut distinguer dans une seule coupe de 45 mètres de hauteur, jusqu'à 34 assises différant entre elles par leur composition minéralogique et leurs fossiles.

Les résultats généraux auxquels est arrivé l'auteur sont les suivants :

1° Le muschelkalk de la Souabe et du nord de la Suisse est remarquable par la grande uniformité de son faciès et le développement prépondérant des calcaires à encrines.

2° Le muschelkalk du nord du duché de Bade, de la Franconie et de la Thuringe est au contraire extrêmement variable dans sa composition. Il est hors de doute qu'il forme une province spéciale du muschelkalk, où probablement la mer avait peu de profondeur et où plusieurs fleuves venaient apporter leurs eaux.

3° Les affleurements les plus éloignés du muschelkalk dans le nord de l'Allemagne participent plutôt du faciès de la Thuringe que de celui de la Souabe. Le moins développé est celui de la Haute-Silésie, où le calcaire de Rybna ne représente probablement que le muschelkalk supérieur.

4° Dans les Alpes, le muschelkalk proprement dit (à l'exclusion du wellenkalk), n'est représenté que par la partie inférieure des couches qui s'étendent entre le grès de Lunz et le calcaire de Hallstadt, d'une part, et les couches de Reiflingen, de l'autre.

— Enfin M. Sandberger a également étudié (2) le groupe du Lettenkohle, où il reconnaît les divisions suivantes :

La base est formée par le calcaire glauconieux à Bairdia ; les caractères qui distinguent sa faune de celle du muschelkalk sont la disparition complète des céphalopodes et des brachiopodes et le riche développement des pelecypodes. Les vertébrés, à l'exception du Mastodonsaurus, sont les mêmes que dans le muschelkalk supérieur : mais au lieu d'apparaître isolément, ils forment de véritables brèches à ossements et à dents.

Au-dessus, et séparés par 7 mètres d'argiles schisteuses, viennent les schistes à Cardinies, caractérisés par les Cardinia brevis et Myophoria transversa.

Ces schistes sont recouverts par le grès à cardinies, où domine le Widdringtonites Keuperianus, et que surmonte le grès principal

(1) *Würzburger naturwissensch. Zeits.*, VI, 157.
(2) *Würzburger naturw. Zeits.*, VI, 192. — *Neues Jahrbuch*, 1868, 623.

(Hauptsandstein). Dans ce dernier grès on ne trouve ni cardinies ni mollusques; les fossiles les plus fréquents sont des végétaux : Equisetum arenaceum, Calamites Meriani, Voltzia coburgensis, Danæopsis marantacea, etc. Dans quelques régions ces végétaux forment des accumulations considérables et donnent alors naissance au Lettenkohle; mais, en Franconie, cette couche n'a pas encore été rencontrée dans des conditions où il pût y avoir lieu de l'exploiter.

Après le grès principal, on passe par une série de grès argileux et d'argiles schisteuses de diverses couleurs, à la dolomie-limite (Grenzdolomit), dont les bancs inférieurs, avec lingules, forment un horizon facile à reconnaître à la base du keuper.

Silésie. — M. F. Roemer avait déjà démontré qu'un certain nombre de dépôts, très-développés dans la haute-Silésie et dans les parties avoisinantes de la Pologne, et rapportés jusqu'ici au terrain jurassique, devaient être rangés dans le keuper. Le même auteur a donné depuis (1) une description de ces dépôts, dont voici le résumé :

1° A la base, au-dessus du Muschelkalk supérieur de Rybna, se trouvent des argiles grises et rouges, des dolomies brunes et des grès grisâtres, avec Hybodus plicatilis, Saurichthys Mougeoti, Gyrolepis, Myophoria vulgaris, Myacites brevis, Estheria minuta.

2° Au-dessus viennent des argiles bigarrées, puissantes de 70 à 100 mètres, avec intercalations d'un calcaire blanc à silex cornés, de brèches et de conglomérats rouges avec Ceratodus, Mastodonsaurus, Unio; enfin de grès verdâtres et de lits de charbon impur.

3° Les argiles rouges ou gris verdâtre qui recouvrent cette série contiennent des gisements de sphérosidérite avec plantes fossiles (Aspidites Ottonis, Pterophyllum Oeynhausianum).

4° Enfin tout cet ensemble est couronné par 20 ou 25 mètres de grès schisteux et d'argiles blanches, avec lits de minerai de fer argileux. Quelques couches de grès sont remplies d'Estheria minuta.

Spitzberg. — M. Lindstroem (2) a reconnu la présence du trias au Spitzberg à l'aide des fossiles rapportés de cette contrée par MM. Nordenskjold et Blomstrand. Le gisement de ces

(1) *Zeit. d. d. g. G.*, XIX, 255.
(2) *Geol. Mag.*, V, 29.

fossiles, situé à Sauriehuk, est un schiste noir et bitumimeux, alternant avec des couches dures et recouvert par un grès. On y trouve les Halobia Lommeli, H. Zitteni; Nautilus Nordenskjoldi, N. trochleæformis, Ceratites Malmgreni, C. Blomstrandi; Posidonia, Lingula, Encrinus, etc.

Russie. — On sait que depuis longtemps les géologues russes ont émis l'opinion qu'il y avait lieu de rapporter au trias plutôt qu'au permien une série de couches bigarrées (marnes, grès ou conglomérats) qui recouvre le zechstein sur les bords du Wolga, de la Kama, de l'Oka, etc. et qui sert de base aux dépôts jurassiques.

Cette opinion, partagée par MM. Ludwig et Marcou, est également soutenue par M. Barbot de Marni (1), qui a découvert dans les grès de cette série, à Rikina sur la Wytschegda, le Calamites arenaceus. Cette découverte, jointe à la ressemblance de ces couches bigarrées avec le trias européen et aux discordances de stratification qu'on observe souvent entre elles et le zechstein, milite fortemement en faveur de leur attribution au trias. Il en résulterait une modification notable dans la carte géologique de la Russie, où le trias occuperait désormais un espace plus étendu que toutes les autres formations.

Quant à savoir si l'étage représenté dans cette contrée est le grès bigarré ou le keuper, c'est une question qui serait résolue en faveur du premier si les marnes de Bogdo, supérieures aux dépôts bigarrés, devaient être reconnues comme l'équivalent du muschelkalk.

Comparaison du trias des Alpes avec celui de l'Himalaya.

M. Beyrich (2) a soumis à un examen critique les céphalopodes du muschelkalk des Alpes et de l'Himalaya. Cet examen l'a conduit à reconnaître l'identité spécifique de beaucoup d'individus considérés jusqu'ici comme distincts, en même temps que l'étroite parenté des cératites avec les ammonites.

La forme de l'ammonites binodosus est caractéristique pour le muschelkalk et le grès bigarré des Alpes. L'ammonites nodosus et ses congénères habitent le muschelkalk supérieur, mais n'ont pas été rencontrés dans les Alpes.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 726.
(2) *Académie des sciences de Berlin*. 1866, 4°, 103.— *Neues Jahrb.*, 1868, 123.

Le gisement de Sintwag près de Reutte est celui qui a fourni jusqu'ici le plus grand nombre de céphalopodes alpins. L'ammonite la plus fréquente dans ce gisement est l'A. Studeri, retrouvé par M. Stoliczka dans l'Himalaya.

Il est remarquable, du reste, que presque toute la série des céphalopodes du muschelkalk alpin se retrouve dans le trias de l'Inde.

ÉTAGE RHÉTIEN.

L'accord avec lequel presque tous les géologues reconnaissent aujourd'hui l'indépendance des couches de passage entre le trias et le lias nous autorise à leur consacrer un chapitre spécial sous le nom d'*étage rhétien.*

HAUTE-MARNE. — M. Tombeck (1) a décrit le gisement infràliasique de Chalindrey.

Au-dessous du calcaire à gryphées arquées et du lias inférieur à cardinies, et séparé d'eux par des marnes jaunâtres, quelquefois bigarrées, on observe $0^m,10$ d'un grès ferrugineux avec avicula contorta, reposant sur 4 mètres d'un grès blanc ou jaunâtre. Les marnes jaunâtres contiennent quelquefois des cailloux roulés de quartz et se relient au *bone-bed* qu'on observe dans les environs, notamment à Provenchères. Le grès ferrugineux contient les avicula contorta, cardium cloacinum, saxicava sinemuriensis, des myophoria et des mytilus. Enfin le grès inférieur, remarquable par des traces de vagues anciennes, contient à peu de distance de Chalindrey, les Discina babeauana et Cervillia inflata.

En signalant l'analogie de cette coupe avec celle du même étage dans la Lorraine, M. Levallois (2) a insisté sur la convenance qu'il y aurait à réserver le nom d'*infralias* pour les zones à Ammonites angulatus et A. Planorbis, en appliquant le nom d'étage *rhétien* à la zone de l'avicula contorta et au bone-bed, séparés du véritable infralias par cette couche si constante de marnes plus ou moins rouges qui sont comme un dernier retour du keuper.

—L'étage rhétien n'est pas moins bien développé aux environs de Langres, où il a été décrit par M. Sautier (3). Les localités où on l'observe le mieux sont celles de Provenchères, Saulxures, Mar-

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 676.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 680.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 846.

cilly, Serqueux, Hortes, Torcenay et Chalindrey. Dans ces différents points l'étage rhétien se montre en parfaite concordance de stratification avec les terrains entre lesquels il est compris. Sa puissance n'excède guère 12 mètres; sa partie inférieure se fait remarquer par la constance de ses allures et la prédominance des grès, tandis que la partie supérieure est très-variable et se trouve souvent à l'état de marnes rouges et vertes : elle a pourtant un caractère constant : la présence des rognons dolomitiques. Les fossiles se rencontrent surtout dans les grès, et le bone-bed se montre uniquement au contact des deux systèmes. Il est surtout développé à Provenchères, où l'on y trouve des mammifères, des reptiles et des poissons avec les Pholadomya corbuloïdes, Cardinia mactroïdes, Schizodus Ewaldi, Mytilus minutus, Pecten valoniensis.

En somme, les couches inférieures se relient aux marnes irisées sans trouble ni interruption; les assises supérieures marquent une période beaucoup plus troublée. Aussi M. Sautier est-il d'avis que, dans la Haute-Marne, l'étage rhétien forme un groupe à part qui se rattacherait plutôt au système triasique qu'à la série jurassique.

Telle est aussi, on s'en souvient, la conclusion de M. Levallois (1) relativement aux couches de passage dans la Lorraine.

Hérault. — MM. de Rouville et Dieulafait (2) ont signalé la présence de la zone à avicula contorta aux environs de Lodève : cette zone y est fort réduite et indique, par son faciès, un ancien rivage de la mer rhétienne; de plus, il semble qu'il y ait en cet endroit, au point de vue minéralogique comme au point de vue paléontologique, un passage continu entre le trias et le lias.

Provence. — M. Coquand (3) a découvert, aux environs de Montferrat (Var), le *bone-bed* avec ossements de reptiles et de poissons qui sépare le Keuper de la zone à avicula contorta; cette couche, qui n'a que 4 centimètres de puissance, apparaît au milieu d'un calcaire magnésien terreux; immédiatement au-dessus on commence à rencontrer, dans une série de calcaires et d'argiles, l'avicula contorta. L'ensemble de l'étage rhétien, à Montferrat, aurait 14 mètres de puissance.

---

(1) *Revue de Géologie* IV, 171; V, 177.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 980.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 295.

— Enfin M. Dieulafait (1) a reconnu l'existence de la zone à avicula contorta dans l'arrondissement de Draguignan, où elle présente, de haut en bas, la coupe suivante :

Gros bancs de dolomies calcaires	5	mètres.
Argiles assez régulières	1	—
Bancs dolomitiques compactes	7	—
Calcaires en plaquettes	5	—
Calcaires et argiles	1	—
Gros bancs avec avicula contorta	6	—
Bancs nombreux de calcaires et de marnes avec avicula contorta	2	—

Cet ensemble est recouvert par les calcaires de la zone à Lima heteremorpha, avec pentacrinites et Pecten personatus. Le lias manque absolument.

Suisse. — M. Renevier (2) a signalé un nouveau gisement de fossiles rhétiens à Spiez (lac de Thoune); c'est un calcaire compacte foncé, très-dur, avec avicula cortorta, surmonté par un banc à fucoïdes qui le sépare de la zone du Pecten valoniensis et qui peut être rapporte soit au sommet de l'étage rhétien, soit à la base de l'*hettangien* (ou lias inférieur).

TERRAIN JURASSIQUE.

Lias.

Grande-Bretagne. — M. Ch. Moore (3) a décrit le lias moyen et le lias supérieur aux environs d'Ilminster, où il distingue la série suivante :

Lias supérieur.

1. Couches à ammonites.
2. Couches à sauriens et poissons.
3. Argiles à Leptæna, avec L. Bouchardi et L. Moorei. . . . . $0^m,45$

Lias moyen.

1.	Calcaire marneux (marlstone)	$0^m,10$
	Sable verdâtre, rempli de Belemnites paxillosus	$0^m,10$
	Calcaire marneux à bâtir	$2^m,50$

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 616.
(2) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, X, 51.
(3) *Geol. Mag.*, V, 135.— *Proceedings of the Somersetshire archæological and natural history Soc.*, XIII.

2.	Sable ferrugineux avec nodules de fer	6m,00
3.	Marne jaune micacée et grès	9m,00
4.	Marnes micacées bleues et grises avec nodules de grès	30m,00

Ces couches sont recouvertes par des sables jaunes que M. Moore rattache à l'oolithe inférieure et non au lias comme on l'a récemment proposé; partout où le contact de ces deux formations peut être observé, le lias présente une surface ravinée.

M. H. Woodward, qui a examiné les crustacés fournis par le lias de cette région, a remarqué que beaucoup des formes observées sont identiques avec des espèces qu'on ne trouve que dans les schistes lithographiques de Solenhofen; ce qui lui fait supposer que ces espèces ont émigré à la fin de la période liasique et ont pu vivre en Allemagne pendant la longue suite de dépôts qui sépare le lias de l'oolithe supérieure.

Le lias d'Ilminster présente encore une particularité très-intéressante. Il remplit parfois des espèces de filons dans un calcaire carbonifère nettement stratifié, mais très-fissuré. Ce fait a été observé par M. Moore (1) à Holwell. Du reste, d'après le même auteur, la mer liasique aurait été la source de presque tous les filons métallifères qui traversent le calcaire carbonifère voisin.

— M. Stoddart (2) distingue, dans le lias inférieur de Bristol, les horizons suivants, en ordre descendant :

1. Couches à Ammonites costatus. — 2. Lit à sauriens. — 3. Couches de l'Amm. Conybeari (commencement de la zone à A. Bucklandi). — 4. Couches à Lima. — 5. Lit à A. taurus. — 6. Couches à échinodermes. — 7. Couches à A. Johnstoni. — 8. Lit à avicules. — 9. Lit à A. planorbis et Lima gigantea. — 10. Lit à A. tortilis. — 11. Couches de Sutton. — 12. Lit à Pholidophorus. — 13. Couches à A. Johnstoni. — 14. Lias blanc. — 15. Marbre de Cotham. Cette dernière assise repose sur le keuper sans intercalation de la zone à avicula contorta.

Cette coupe prouverait, selon l'auteur, que la série de Bridgend est au-dessus de l'étage rhétien et doit être comprise dans la zone à A. angulatus.

M. Groom-Napier (3) partage cette manière de voir quant à la pierre de Sutton (4). Pour lui, la zone à A. planorbis et la série de Sutton sont des subdivisions du lias blanc.

(1) *Geol. Society*, XXIII, 419.
(2) *Geol. Society*, 8 janvier 1868.
(3) *Geol. Mag.*, 140
(4) *Revue de Géologie*, VI, 173; VII, 184.

FRANCE (HAUTE-MARNE). — M. Tombeck (1) a signalé la remarquable conservation des fossiles de la zone à A. angulatus à Chalindrey. Cette couche, formée d'un calcaire bleuâtre plus ou moins sableux, n'a qu'un mètre d'épaisseur. On y trouve les Ammonites angulatus, A. Burgundiæ, A. Johnstoni, A. tortilis, A. liasicus, A. Moreanus, A. planorbis, Pleurotomaria principalis, P. anglica, Littorina clathrata, Cardinia Listeri, C. gigantea, C. sinemuriensis, Lima Hartmanni, etc.

HÉRAULT.—D'après M. Coquand(2), on observe à l'Escandolgue, aux environs de Lodève, au-dessus des assises à avicula contorta et au milieu de dolomies, des calcaires contenant les fossiles du niveau d'Hettange, c'est-à-dire plusieurs cardinies, les Ampullaria obtusa, Cerithium gratum, etc. Ces calcaires correspondraient à ceux de Belgoutier, de Cuers et de la Sainte-Baume dans la basse Provence.

SOUABE. — La zone à Leptæna du Lias, connue en Normandie et en Angleterre, n'avait pas encore été découverte en Allemagne. M. Quenstedt (3) a été assez heureux pour la retrouver à Hechingen, où il a recueilli les Leptæna liasina et Leptæna Moorei dans des marnes grises argileuses, intercalées au milieu des bancs d'un calcaire solide, juste au-dessous des schistes à possidonies et en compagnie des Belemnites breviformis, Terebratula cornuta, Ammonites costatus, A. amaltheus.

Il est intéressant de retrouver cet horizon, avec une pareille persistance de ses caractères fondamentaux, à une aussi grande distance du point où il a été signalé pour la première fois.

TYROL. — M. Pichler (4) a constaté la présence de la zone à Ammonites planorbis dans le Tyrol, au Pfonserjoch près d'Achental, à la base des couches d'Adneth. Cette localité est la seconde du Tyrol où la zone en question se trouve signalée.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 676.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 1000.
(3) *Neues Jahrbuch*, 1868, 834.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 830.

Étage oolithique inférieur.

Provence. — M. Dieulafait (1) a constaté que l'étage de la *mâlière* de Normandie (zone à Lima heteromorpha) est extrêmement développé dans le bassin sud-est de la Provence, tandis qu'il manque dans le nord-est de la même région. Cet étage fournit, outre les Lima heteromorpha et L. proboscidea, les Terebratula perovalis, T. Eudesii, Rhynchonella ringens, Belemnites sulcatus, B. compressus. Nautilus lineatus, Ammonites Murchisonæ, etc.

Quant aux fucoïdes, dont l'un, le Chondrites scoparius, avait servi jusqu'ici comme caractéristique de l'oolithe inférieure, M. Dieulafait a reconnu qu'ils se rencontrent à trois niveaux, savoir : dans la zone à Ammonites Humphriesianus, puis à la base du calcaire à entroques, enfin dans la partie moyenne du lias supérieur.

C'est au deuxième niveau que se rencontrent les fucoïdes dans la Bourgogne. le Mâconnais et le Lyonnais. Dans le Languedoc, ils se montrent dans le premier niveau. Enfin, en Provence ils se trouvent exclusivement au premier et au troisième.

Suisse. — Le nombre des affleurements du terrain jurassique constatés en Suisse s'est notablement accru dans ces dernières années. C'est ainsi que M. Studer (2) a découvert des empreintes très-nettes des Trigonia costata et Ammonites Murchisonæ dans un quartzite ferrugineux, appelé roche de fer, des environs de Grindelwald. Ce quartzite, reposant sur les roches du Faulhorn, qui sont considérées comme néocomiennes, avait été jusqu'ici regardé comme du flysch. Sa nouvelle attribution à l'oolithe inférieure bajocienne oblige à admettre l'existence d'une faille dans ces parages.

Haute-Silésie. — M. F Roemer (3) a étudié la série jurassique inférieure dans la Haute-Silésie, où il distingue de bas en haut :

1° Sable jaune meuble, avec grès ferrugineux et conglomérats, contenant Pecten pumilus, Inoceramus polyplocus, Trigonia.

2° Argiles grises tenaces avec minerais de fer ; ces derniers ren-

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 403.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 173.
(3) *Zeit., d. d. g. G.*, XIX, 255.

fermant Ammonites Parkinsoni, Belemnites giganteus, Pholadomya Murchisoni.

3° Calcaires jaunes oolithiques ou marnes calcaires ; grès calcaires gris avec Amm. macrocephalus, A. hecticus, Pecten lens.

4° Marnes calcaires blanches avec Amm. cordatus, A. crenatus, A. transversarius, A. dentatus, A. flexuosus. Par-dessus, calcaires blancs stratifiés avec A. perarmatus.

SPITZBERG. — M. Lindstroem (1), en examinant les fossiles rapportés du Spitzberg, par MM. Nordenskjold et Blomstrand, a reconnu l'existence dans cette île du terrain jurassique. Les espèces déjà connues sont les Ammonites triplicatus, Cardium concinnum, Leda nuda, Inoceramus revelatus, Aucella mosquensis, Pecten demissus, qui établissent la liaison des couches en question avec les assises jurassiques de la Petchora en Russie et avec celles de la grande oolithe inférieure de l'Europe occidentale.

HIMALAYA. — M. Tate avait prétendu que la formation jurassique de l'Himalaya constituait un ensemble non susceptible d'être subdivisé. Telle n'est pas l'opinion de M. Stoliczka (2), qui distingue dans cette formation les assises suivantes :

1. Malm. — e. grès de Gieumai
2. Dogger { d. schistes de Spiti. / c. Schistes jurassiques.
3. Lias. . { b. Calcaire supérieur de Tagling. / a. Calcaire inférieur de Tagling.

Il y aurait donc, dans l'ensemble, une certaine correspondance à établir entre la série jurassique de l'Himalaya et celle de l'Europe.

AUSTRALIE. — M. W. B. Clarke (3) signale la présence de la grande oolithe dans l'Australie occidentale, où l'on rencontre des espèces bien connues en Europe à ce niveau : Trigonia costata, Ostrea Marshii, Ammonites Moorei, Lima pectiniformis, Avicula Munsteri.

---

(1) *Geol. Mag*, V, 30.
(2) *Geol. Society*, 17 juin 1868. — *Geol. Mag.*, V, 390.
(3) *Americ. Journ.*, XLV, 348.

Étage oolithique supérieur.

Boulonnais. — M. Pellat (1) a signalé la présence, à la partie supérieure du terrain oxfordien du Boulonnais, d'un calcaire à opis et à nérinées, intercalé au milieu des argiles à Ostrea dilatata et contenant les Chemnitzia heddingtonensis, Turbo Meriani, Collyrites bicordata, etc. Ce calcaire renferme la faune de l'oolithe à nérinées et à opis de Trouville, qui, dans cette localité, est recouverte par le calcaire à cidaris florigemma.

M. Pellat (2) a reconnu l'existence du véritable corallien à cidaris florigemma dans le Bas-Boulonnais, à la base du Mont des Boucards. En combinant ses observations avec celles de M. Michelot, M. Pellat est conduit à distinguer, entre l'argile oxfordienne et les calcaires kimméridiens de Bréquerecque, la série suivante de haut en bas :

1. Grès à Pygurus Royerianus (ou grès de Wirvigne 2 à 6 mètres).
2. Oolithe et calcaires à nérinées et à Waldheimia humeralis (8 à 10 mètres).
3. Calcaires roux à Trigonia Bronni; sables ferrugineux (0m,50).
4. Argiles à grandes huîtres deltoïdes avec limonite concrétionnée (6 à 8 mètres).
5. Calcaires à céromyes (environ 4 mètres).
6. Calcaire à terebratula insignis, avec Chemnitzia athleta, Pholadomya paucicosta, Pedina sublævis (4 à 6 mètres).
7. Calcaire à polypiers et à cidaris florigemma, avec Mytilus subpectinatus, Rhynchonellæ inconstans, Ostrea solitaria, O. spiralis, etc. (3 mètres environ).

Les assises 5, 6 et 7 ne paraissent pas constantes dans toute l'étendue du Boulonnais.

Les assises 1 et 2 représenteraient, d'après M. Pellat, le kimméridien inférieur ou astartien, tandis que toutes les autres appartiendraient à l'étage corallien, qui aurait ainsi 20 ou 25 mètres d'épaisseur dans le Boulonnais.

Cependant M. Triger (3) a émis l'opinion que les couches à huîtres deltoïdes du Boulonnais seraient plus convenablement rangées avec le calcaire à astartes, au niveau que l'ostrea deltoïdea occupe dans la Sarthe, au Hâvre et ailleurs.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 196.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 119.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 213.

BOURGOGNE. — M. Tombeck (1) distingue, dans le terrain corallien de la Haute-Marne, les quatre étages suivants de haut en bas :

4. *Oolithe* de la Motte en Blaizy (8 à 10 mètres).
3. *Corallien* compacte (50 mètres sur certains points).
2. *Oolite* de Doulaincourt (80 mètres).
1. Couches à cidaris florigemma (40 mètres sur certains points).

L'assise 1, la plus ancienne (étage glypticien), se lie intimement aux marnes inférieures à ostrea dilatata. Elle est fermée par un calcaire grumeleux avec Pecten moreanus, Terebratula insignis, Glypticus hieroglyphicus, Cidaris florigemma, Hemicidaris crenularis, Pseudodiadema subangulatum, Stomechinus lineatus.

L'assise 2 est une oolithe farineuse, quelquefois avec calcaire compacte, contenant : Natica hemisphærica, Nerinea contorta, N. depressa, Diceras arietina, D. sinistra, Ostrea solitaria, Cidaris florigemma, Hemicidaris crenularis.

Les assises 1 et 2 ne sont pas constantes : d'après M. Tombeck, elles peuvent être remplacées par une marne bleuâtre à pholadomyes et à panopées.

L'assise 3 développée, à Vouécourt et à Sancourt, est la partie constante du corallien de la Haute-Marne; ses fossiles lui donnent un faux air kimméridien (Ostrea solitaria, Terebratula humeralis, Mytilus subpectinatus, Pinnigena Saussurei, grande huître deltoïde.

L'assise 4 est à grain variable, on y trouve les Nerinæa Mariæ, N. Desvoidyi, Trigonia Meriani.

— Dans le terrain kimméridien de la même région, M. Tombeck distingue.

3. Couches à gryphées virgules (25 mètres), avec Gervillia kimmeridgiensis Pholadomya acuticosta, P. Protei, Trigonia suevica.
2. Couches à Céromyes (50 à 60 mètres) calcaires plus ou moins marneux à Ceromya excentrica, O. bruntrutana, Trigonia muricata, T. papillata.
1. Couches à astartes (12 à 15 mètres) avec Terebratula subsella, T. humeralis, Amm. Achilles, Nerinæa Gosæ, Diceras, O. solitaria, Pinnigena Saussurei, Pygurus Royerianus.

L'assise 1 est très-développée à Donjeux : elle présente une grande analogie avec le kimméridien inférieur du Havre.

(1 *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 456.

—On a émis jusqu'ici différentes opinions sur la place que l'oolithe vacuolaire et les bancs verts supérieurs du Portlandien de la Haute-Marne doivent occuper dans la série jurassique anglaise. M. Tombeck (1) est d'avis que ces couches ne sauraient représenter les *Purbeck-beds :* il y a recueilli en effet, outre les fossiles depuis longtemps signalés par M. Cornuel, une Trigonie, un Cérithe, un Mytile et une Natice qui, joints aux Ostrea spiralis et Gervillia linearis, affirment le caractère marin de ces dépôts.

Franche-Comté. — A la suite de nouvelles études sur les environs de Montbéliard, M. Contejean (2) a été conduit à remanier conformément au tableau ci-joint, sa classification du terrain kimméridien.

III. Groupe virgulien.	10. Calcaires et marnes à virgules supérieurs.
	9. Calcaires à Diceras.
	8. Calcaires et marnes à virgules inférieurs.
II. Groupe ptérocérien.	7. Calcaire à Corbis.
	6. Calcaires et marnes à ptérocères.
	5. Calcaire à cardium.
	4. Calcaire à térébratules.
I. Groupe astartien. .	3. Marnes à astartes.
	2. Calcaire à natices.
	1. Calcaire à astartes.

Suisse. — Le terrain jurassique de la Simmenfluh (canton de Berne) a donné lieu à quelques divergences d'opinions parmi les géologues. On observe dans cette région, auprès de Wimmis, un calcaire noir à mytilus, jusqu'ici considéré comme kimméridien, puis un calcaire corallien à diceras et enfin des couches rouges à inocérames, que M. Hébert avait cru devoir rapporter à l'étage crétacé inférieur : M. Renevier (3) s'est convaincu que les couches rouges recouvrent un calcaire semblable au *châtelkalk* oxfordien et qu'elles sont inférieures au calcaire à diceras, lequel paraît analogue au corallien du Salève. Enfin le calcaire à mytilus est inférieur à toute cette série, et doit être considéré comme oxfordien, sinon comme plus ancien encore.

Algérie.—On trouve à Makta-Liamone, sur la limite du Sahara, au sud de Bou-Sada, un gisement jurassique contenant les Cidaris

(1) *Bulletin de la Société géologique*. XXV, 457.
(2) *Étude de l'étage kimméridien dans les environs de Montbéliard. — Additions et rectifications*. Montbéliard, 1869.
(3) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, X, 52.

glandifera, Rhynchonella inconstans, Ostrea solitaria, Lima astartina, Hinnites inæquistriatus, Apiocrinus Roissyanus. M. Coquand (1), aidé des renseignements fournis par M. Péron, considère ce gisement comme contemporain de ceux de Tonnerre et de la Pointe-du-Ché, près de la Rochelle; et il le rapporte, par conséquent, à la base de l'étage kimméridien.

Nous croyons utile de compléter cette indication en faisant observer que cet horizon est précisément celui du calcaire à astartes ou étage séquanien.

Limite supérieure du terrain jurassique.

La question de la limite supérieure du terrain jurassique a pris, depuis les travaux d'Oppel sur l'étage tithonique (2), une telle importance, qu'il convient de lui consacrer, au moins provisoirement, un chapitre spécial.

DAUPHINÉ. — Les dernières discussions ont été presque entièrement concentrées sur le Dauphiné, et spécialement sur les calcaires à ciment de la porte de France à Grenoble.

Ces calcaires, considérés autrefois comme oxfordiens, avaient été rangés, en 1865, par Oppel dans l'étage tithonique, à la hauteur des couches de Solenhofen et de Portland. Depuis, M. Benecke (3) avait fait descendre le calcaire inférieur de la porte de France jusque dans le kimméridien.

M. Pictet (4) a cherché à résoudre par l'étude des fossiles les difficultés pendantes. Son attention s'est d'abord portée sur le bassin de Berrias (Ardèche), où une série de couches assez complexe se développe au-dessous des marnes néocomiennes à belemnites latus. L'auteur y distingue cinq sous-étages, qui sont, de bas en haut :

1° Le *Rosso ammonitico*, étage des térébratules avec un petit trou, et probablement contemporain du klippenkalk des Carpathes.

2° Le calcaire de la porte de France avec Terebratula janitor, correspondant au calcaire de Stramberg.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 600.
(2) *Revue de Géologie*. V, 186; VI, 231; VII, 188.
(3) *Revue de Géologie*, VII, 188.
(4) *Études paléontologiques sur la faune à Terebratula diphyoides de Berrias*

3° Les calcaires lithographiques d'Aizy.

4° Les calcaires hydrauliques de l'Isère et du Lémenc.

5° Enfin, au sommet, le calcaire de errias à terebratula diphyoïdes, contenant une faune de 47 espèces, dont 32 sont nouvelles, tandis que 18 sont connues dans d'autres gisements néocomiens.

Une des difficultés de la question était la présence, au milieu du système lithographique d'Aizy et de Lémenc, d'une brèche où M. Lory (1) avait cité : glypticus hieroglyphicus et cidaris florigemma, c'est-à-dire des espèces essentiellement coralliennes.

Depuis, M. Pictet (2) a donné un tout autre caractère à la faune de cette couche : il cite les belemnites latus, ammonites privasensis, pecten Goldfussii, cyphosoma nobile, glypticus Loryi et les espèces coralliennes disparaissent : il reste cependant des fossiles jurassiques incontestés.

Quant à la porte de France, M. Piclet (3) y a réconnu les Ammonites ptychoïcus et A. Liebigi de Stramberg, l'A. Staszycii des calcaires du Tatra et l'A. polyplocus. En résumé, à ses yeux il y aurait, à la Porte de France, au-dessous du néocomien contenant la faune de Berrias, une zone à terebratula janitor contemporaine des couches de Stramberg et du Tatra, reposant sur la zone à ammonites tenuilobatus ou jura blanc γ des allemands. De plus, M. Pictet constate, dans cette localité, un mélange entre les formes néocomiennes et les formes jurassiques. Mais d'après M. Chaper (4), ce mélange n'aurait rien que de très-naturel et la Porte de France servirait justement à établir la continuité, interrompue ailleurs, de la faune jurassique et de la faune crétacée.

Cependant M. Hébert (5) persiste à regarder comme oxfordienne toute la partie des calcaires de la porte de France qui est inférieure aux couches à terebratula janitor. Quant au reste de la série, M. Hébert (6) y reconnaît au moins onze espèces néocomiennes et pas une seule espèce jurassique; il admet donc que, à la Porte de France comme à Berrias, les calcaires néocomiens reposent directement sur les calcaires oxfordiens, par suite de l'absence de l'étage jurassique supérieur.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 518.
(2) *Étude provisoire des fossiles de la Porte de France, d'Aizy et de Lémenc.*
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 84.
(4) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 818.
(5) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 821.
(6) *Comptes rendus*, 20 mai 1867.

Provence.— Cette opinion de M. Hébert sur l'absence du terrain jurassique supérieur dans le midi de la France a été contestée, au moins pour ce qui regarde la région provençale, par M. Coquand (1). La démonstration de ce fait résulterait de l'étude de deux coupes. La première, observée dans le vallon de Toulouze (banlieue de Marseille), offre, du haut en bas, la succession suivante : 1° calcaire à requienia ammonia; 2° néocomien à spatangus retusus; 3° valenginien avec natica leviathan; 4° calcaire lithographique avec polypiers et nérinées (200 mètres); 5° dolomies et calcaires magnésiens (150 mètres); 6° calcaire lithographique avec ammonites tortisulcatus et belemnites hastatus.

La seconde coupe, celle de la chaîne des Dourbes, entre Digne et Barrême (Basses-Alpes), reproduit les particularités du calcaire de la Porte de France à Grenoble. On y observe, en effet : 1° calcaire lithographique avec ammonites ptychoïcus et faune de Berrias; 2° calcaire lithographique avec ammonites calisto et hemicidaris Purbeckensis; 3° calcaire lithographique avec aptychus latus et a. imbricatus (kimméridien de Solenhofen); 4° calcaire lithographique avec cidaris florigemma; 5° calcaire lithographique avec ammonites transversarius et a. tortisulcatus.

Espagne.—Les mêmes apparences se présentent en Espagne, où M. de Verneuil (2) a signalé l'étage tithonique. Les calcaires de cet étage forment le massif le plus élevé de la Sierra de Jaen, celui de la Majina, près de Huelma, et se dirigent ensuite à l'ouest vers Martos, Alcaudete et Cabra. En ce dernier point on trouve la terebratula diphya. Partout ailleurs les couches tithoniques ne se reconnaissent que grâce à leurs grands aptychus (a. latus, a. lamellosus), et à leurs ammonites (a. ptychoïcus, a. silesiacus, etc.).

Sur le versant opposé de la chaîne, on retrouve ces couches au sud d'Alcala-la-Real, où elles sont en contact avec les marnes blanches à petites ammonites et à belemnites latus.

TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

Angleterre. — M. J.-F. Walker (3) a recueilli, dans le grès vert inférieur d'Upware, de nombreux brachiopodes, dont il est

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 909.
(2) *Explication sommaire de la carte géologique de l'Espagne*, 21. — Paris, Savy, 1869.
(3) *Geol. Mag*, V, 399.

intéressant de reproduire la liste pour faciliter les comparaisons entre le terrain crétacé inférieur de l'Angleterre et celui du continent.

Terebratella Fittoni, T. Davidsoni, Waldheimia mutabilis, W. pseudojurensis, W. tamarindus, W. rhomboïdea, W. Woodwardi; terebratula prælonga, T. Dutempleana, T. Lankesteri, T. microtrema, T. extensa, T. sella, T. Moutoniana, T. Meyeri, T. depressa, T. Dallasii; Rhynchonella Gibbsiana, R. parvirostris, R. depressa, R. antidichotoma, R. lata.

Parmi ces espèces, cinq sont nouvelles et de la création de M. Walker.

— M. H. Keeping (1) a signalé une couche de nodules phosphatés dans le gault d'Upware près de Cambridge. Cette couche contient les Ammonites serratus, A. interruptus, belemnites minimus, Nucula pectinata. etc. Elle a $0^{m},12$ environ d'épaisseur, et n'est séparée du grès vert inférieur, riche en nodules phosphatés, que par $0^{m},30$ d'une argile qui appartient encore au gault.

— M. de Rance (2) a fait une étude détaillée du gault des environs de Folkestone. D'après lui les différentes couches fossilifères qu'on y peut distinguer se groupent en deux grandes divisions conformément au tableau suivant :

Albien supérieur.	1. Zone des Ammonites Goodhallii et A. rostratus.
	2. Zone des A. circularis et Kingæna lima, avec A. varicosus, A. cristatus, Inoceramus sulcatus, et lits de nodules.
	3. Zone des Nautilus Deslonchampsianus et Pentacrinus Fittoni.
Couche de passage	4. Lit de nodules avec A. Beudanti.
Albien inférieur.	5. Zone de l'A. auritus (Hamites simplex, Avellana inflata).
	6. Zone de l'A. denarius.
	7. Zone du Nautilus Clementinus.
	8. Zone de crustacés.
	9. Zone de l'A. auritus avec Scalaria Dupiniana.
	10. Zone de l'A. Benettianus.
	11. Zone de l'A. interruptus avec A. Deshayesi.

La zone 11, formée d'un grès vert avec nodules, repose sur la couche à A. mammillaris et Inoceramus Salomoni, que M. de

(1) Geol. Mag., V, 272.
(2) Geol. Mag., V, 163.

Rance classe dans l'aptien (tandis qu'en France on considère ces fossiles comme faisant encore partie de l'albien).

Chacune des onze zones possède un certain nombre d'espèces qui lui sont propres. Les espèces communes à l'albien inférieur et à l'albien supérieur sont au nombre de 20. 82 espèces sont spéciales à la division inférieure et 46 à la division supérieure. Enfin la couche de passage a 13 espèces spéciales.

France.— Bas-Boulonnais. — M. W. Topley (1) a comparé les terrains crétacés inférieurs du Bas-Boulonnais à ceux des environs de Folkestone. Il y a reconnu la série très-amincie du gault et du grès vert inférieur, tout en avouant que la limite entre ces deux formations est généralement très-difficile à tracer. L'auteur rapporte les sables situés au-dessous du gault en partie aux couches de Folkestone (assise supérieure du grès vert inférieur), en partie à l'étage wealdien, les couches intermédiaires faisant défaut. Ainsi les sables ferrugineux, avec argiles panachées et minerai de fer, qui couronnent les collines du Bas-Boulonnais, appartiendraient à la série wealdienne; elles reposent sur le terrain jurassique dans les environs de Boulogne, tandis que dans l'intérieur elles remplissent des cavités dans les calcaires paléozoïques.

Ardennes. — M. de Lapparent (2) a décrit le gisement du minerai de fer de Grandpré. Ce minerai, mélangé de sable vert, est à ciment calcaire spathique, et contient les terebratula sella, rhynchonella lata, ostrea Tombeckiana, Glyphocyphus rugosus, etc. Il est surmonté d'une argile jaunâtre avec de grandes huîtres très-voisines de l'ostrea aquila; et le tout est couronné par la couche de nodules phosphatés avec fossiles ordinaires du gault.

L'auteur est donc d'avis de considérer le minerai de Grandpré comme un rudiment du fer oolithique de la Haute-Marne, et la couche à grandes huîtres comme représentant l'argile à plicatules.

Pyrénées. — M. Leymerie (3) reconnaît, dans le terrain crétacé inférieur des Pyrénées, trois faciès différents, qu'il caractérise ainsi :

Faciès urgonien. — Calcaires à dicérates proprement dits, for-

(1) *Geol. Society*, 2 juin 1868. — *Geol. Mag.*, V, 386.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 284.
(3) *Comptes rendus*, 13 juillet 1868.

mant des crêtes parallèles dans presque toute la longueur de la chaîne.

Faciès aptien. — Couches noires schistoïdes, associées au calcaire à dicérates, à Exogyra sinuata, avec fossiles néocomiens et albiens accessoires.

Faciès mixte. — Calcaire à caprotines et à petites orbitolines, avec fossiles néocomiens et rhynchonelles cénomaniennes (Foix, Orthez, Vinport).

SUISSE. — M. Renevier (1) a reconnu l'existence de l'étage aptien à Wannen, dans le canton de Schwytz; cet étage est constitué par un calcaire gris foncé, intercalé entre le gault et l'urgonien et caractérisé par une grosse térébratule, la T. Moutoniana. M. Renevier y a recueilli en outre: Serpula filiformis, Venus Roissyi, Ostrea macroptera, Rhynchonella Gibbsiana, Terebrirostra Escheri.

AMÉRIQUE DU NORD. — M. Lesquereux (2) a décrit 41 espèces nouvelles de plantes provenant des phyllites crétacés du Nebraska (3). Ce travail porte à 73 le nombre des espèces végétales reconnues dans ce gisement. Aucune de ces espèces ne se retrouve dans la flore crétacée d'Aix-la-Chapelle et c'est à peine si l'on y peut signaler quelques analogies avec les flores crétacées de la Moravie et du Hartz. La flore américaine avait donc, dès l'époque de la craie, un faciès particulier, qui la distinguait de celle du continent européen. En outre, M. Lesquereux convient que la flore du Nebraska est beaucoup plus étroitement liée à la végétation américaine actuelle qu'à aucune des flores tertiaires d'Europe. Les conditions du climat de l'Amérique du Nord seraient donc restées à peu près les mêmes depuis le dépôt de la craie.

Cette particularité explique l'erreur commise, dans l'origine, par M. Heer, qui avait cru, d'après l'examen de cette flore, que les phyllites du Nebraska devaient appartenir au terrain miocène.

M. Newberry (4), qui avait contribué à restituer à ces phyllites leur véritable place, a poursuivi ses recherches dans les roches crétacées du Kansas, du Colorado, d'Arizona, du Nouveau-Mexique et de l'Utah. Dans un grand nombre de localités il a recueilli des feuilles d'angiospermes et de conifères, dans des couches souvent

(1) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, X, 43

(2) *Americ. Journ.*, XLVI, 91.

(3) *Revue de Géologie*, IV, 251; VI, 181.

(4) *Americ. Journ.*, XLVI, 400.

recouvertes par des calcaires à Gryphæa Pitcheri et Inoceramus problematicus, c'est-à-dire incontestablement crétacées ; plus de cent espèces y sont représentées, dont plusieurs se rencontrent aussi au Nebraska.

D'après M. Newberry, la flore de l'île Vancouver aurait donné lieu à la même méprise que celle du Nebraska.

TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

FRANCE. — RÉGION DU NORD. — M. de Lapparent (1) a signalé la constance, dans toute la région du nord de la France, de l'étage de la *gaize*, si bien caractérisé, dans l'Argonne, à la fois par la silice gélatineuse et par les Ammonites falcatus, A. auritus, A. inflatus, etc. Cet étage se poursuit, à travers le département des Ardennes, jusque dans l'Aisne, au nord de Vervins, et on le retrouve dans le pays de Bray, où ses caractères sont, à l'épaisseur près, absolument les mêmes que dans l'Argonne. Enfin il est rudimentaire au Havre où l'on observe, au-dessus du gault, une couche de roche siliceuse avec les Ammonites inflatus et A. auritus transformés en calcédoine. Il y aurait donc lieu d'introduire dans la nomenclature, entre la craie glauconieuse et le gault, l'étage de la *gaize* ou *zone de l'Ammonites inflatus*.

Ces idées sont tout à fait d'accord avec celles qui ont conduit M. Renevier (2) à proposer, pour le Valais, la création de l'étage *vraconien*, formant la transition entre la faune albienne et la faune rotomagienne.

PYRÉNÉES. — M. Leymerie (3) propose la classification suivante pour le terrain crétacé supérieur des Pyrénées :

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 869.
(2) *Revue de Géologie*, VII, 194.
(3) *Comptes rendus*, 13 juillet 1868.

	FACIÈS FLUVIO-MARIN. (*Haute-Garonne.*)	FACIÈS LACUSTRE. (*Ariège, Aude.*)	
Garumnien. .	Horizon blanc à operculines et piléoles.	Argiles rouges.	Assise supérieure du groupe d'Alet.
	Colonie marine à oursins crétacés.	Calcaire compacte lacustre.	
	Calcaire lithographique.	Argiles rouges et poudingues versicolores.	
	Argiles et sables bigarrés à Cyrena garumnica, sphérulites, etc.		
Sénonien. . .	Calcaire nankin à Hemipneustes; grès d'Alet et de l'Ariège (en partie). Craie de Tercis (en partie); argiles d'Ausseing et de Gensac à Anachytes.		Système schisteux à fucoïdes du Béarn.
Turonien. . .	Calcaire à Hippurites; couches de Paillon-Saint-Martory, partie de la craie de Tercis.		
Cénomanien.	Grès à Exogyra columba de l'Ariège et de l'Aude. Calcaire à caprines de Sare.		

Région du Sud-Est. — M. Matheron (1) a précisé la position qu'occupent, relativement aux assises marines de la série crétacée, les divers étages fluvio-lacustres de l'Aude, de l'Hérault et de la Provence.

On sait qu'au-dessus des couches marines qui dépendent du terrain crétacé (horizon de la craie de Villedieu) se trouve, séparé d'elles par des couches d'eau saumâtre avec chéloniens, le grand groupe des lignites de Fuveau : puis vient l'étage de Rognac, au-dessus duquel se rencontre celui du Cengle, développé à Langesse et à Saint-Antonin.

Selon M. Matheron, les couches d'eau saumâtre de la base de la série représentent les sables à empreintes végétales du Lusberg d'Aix-la-Chapelle. L'étage de Fuveau, qui les recouvre, serait l'équivalent de la craie blanche à Belemnitella mucronata et Inoceramus Cripsi : cet étage débute par des calcaires marneux, des marnes, des calcaires compactes et des lignites avec mollusques et reptiles (chéloniens et crocodiles). Il se termine par un grand nombre de couches diverses avec physes et anostomes.

L'étage de Rognac se compose, à sa base, de couches détritiques avec reptiles; à son sommet, de calcaires à Lychnus avec reptiles et cyclostoma, melania, megaspira, pupa, etc. Cet étage serait l'équivalent de la base du groupe d'Alet de M. d'Archiac et correspondrait en même temps aux couches marines à Hemipneustes de Maestricht, d'Ausseing et de Gensac.

Enfin tout cet ensemble crétacé se termine par l'étage du Cen-

(1) *Mémoires de l'Académie impériale de Marseille*, 1869.—*Bulletin de la Société géologique*, XXV, 762.

gle, avec couches rouges et calcaires contenant : Limnæa, Physa prisca, Planorbis, Cyclostoma Braunii, etc. M. Matheron place cet étage, avec la célèbre brèche du Tholonet, au niveau du *garumnien* de M. Leymerie (1).

Ajoutons que M. de Rouville (2) a reconnu le garumnien dans l'Hérault, à Grabels, où il est caractérisé par des argiles rutilantes et des brèches avec un calcaire compacte.

ESPAGNE. — Le garumnien a été également reconnu en Espagne par M. Leymerie (3), dans la vallée de la Sègre, où il est constitué de la manière suivante, de haut en bas :

1° Assise grise de calcaire marneux à rognons.

2° Assise rutilante principalement formée par des poudingues fleuris, à éléments calcaires, et une argilolithe très-rouge; calcaire peu développé.

3° Combe formée par des couches friables argilo-arénacées et marneuses de couleur uniformément grise.

4° Dalles de grès calcaire gris ou bleuâtre et de grès argileux à lignites où gisent, avec Ostrea Verneuili, de nombreuses cyrènes à sillons prononcés, plus petites que cyrena garumnica.

—M. de Verneuil (4) a découvert en Andalousie, près de Mancha Real, les fossiles caractéristiques de la *scaglia* ou craie blanche d'Italie, c'est-à-dire : Cardiaster italicus et Ananchytes tuberculatus. Ces fossiles se rencontrent dans des marnes blanches tout-à-fait semblables aux marnes nummulitiques qui abondent dans le voisinage.

ALLEMAGNE. — RÉGION DES ALPES. — M. Boué avait autrefois signalé l'existence des bélemnites dans la craie à inocérames de Gosau. M. Schloenbach (5) vient d'en retrouver un gisement à Grünbach, près de Wr. Neustadt. L'espèce représentée dans ce gisement, bien que très-voisine du B. lanceolatus, lui a paru devoir être désignée sous un nom nouveau, celui de B. Hoeferi.

ALLEMAGNE CENTRALE. — Nous avons publié l'année dernière (6)

(1) *Revue de Géologie*, V, 190; VI, 187; VII, 194.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 883.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 907.
(4) *Explication sommaire de la carte géologique de l'Espagne*, 21. — Paris, Savy, 1869.
(5) *Jahrb.*, *d. K. K. g. R.*, XVII, 589.
(6) *Revue de Géologie*, VII, 195.

une classification de la craie de l'Allemagne centrale, par M. Guembel. En voici une autre, due à M. Schloenbach (1). Elle ne diffère que par quelques détails de celle de M. Guembel; mais elle met en évidence, d'une façon plus nette, les rapports de la craie de cette contrée avec celle de la région française. L'auteur distingue, de haut en bas, les horizons suivants :

1° Zone des Micraster coranguinum et Belemnites Merceyi (marnes sableuses en Westphalie; argiles et marnes dans le Hanôvre Quader supérieur du Hartz, de la Silésie et de la Bohême).

2° Zone des Inoceramus Cuvieri et Micraster cortestudinarium (marnes à baculites de Priesen en Bohême).

3. Zone des Scaphites Geinitzi et Spondylus spinosus (Plaener-Kalk supérieur et marnes supérieures du Plaener) avec Terebratulina rigida, Terebratula subrotunda, Rhynchonella Cuvieri, R. plicatilis.

4. Zone des Ammonites Woolgarei et Inoceramus Brongniarti (couches à exogyres avec Ostrea columba et grès vert), avec Terebratulina chrysalis, Magas Geinitzi, Rhynchonella bohemica, etc.

5° Zone de l'Inoceramus labiatus (couches de Koenigswald en Bohême et grès à Callianassa bohemica). Les brachiopodes sont les mêmes que dans la quatrième zone.

6° Zone des Trigonia sulcataria et Catopygus carinatus, avec Terebratulina rigida, Magas Geinitzi, Crania parisiensis, etc. (quader inférieur, quader à végétaux, couches conglomérées, calcaires à hippurites).

Entre les zones 5 et 6 devraient se rencontrer les horizons de l'Ammonites rotomagensis et du Scaphites æqualis. Mais ils ne paraissent pas exister en Bohême, si ce n'est d'une façon rudimentaire.

La craie de Bohême contient 19 espèces de brachiopodes, dont une seule, magas striolaris, est spéciale à cette contrée. Les trois niveaux principaux de brachiopodes sont : 1° les marnes de Bilin et le calcaire à rudistes de Koryçan, appartenant à la zone 6; 2° les grès à exogyres de la zone à Amm. Woolgarei; 3° la zone du Scaphites Geinitzi.

C'est dans la zone 3, ou du Scaphites Geinitzi, que viennent se ranger les couches à galérites du Hanovre, dont M. Schloenbach (2) a décrit la riche faune de brachiopodes.

Le Quadersandstein inférieur de Niederschoena, en Saxe, con-

(1) *Jahrb., d. K. K. g. R.*, XVIII, 143.
(2) *Académie des sciences de Vienne*, LVII (1868). — *Neues Jarhb.*, 1868, 767.

tient une flore assez riche, que M. d'Ettingshausen (1) a étudiée.

Cette flore est terrestre et d'un caractère tropical nettement accusé. Sur 42 espèces, 3 se rangent dans les Thallophytes, 4 dans les Acotylédones, 5 dans les Gymnospermes, 2 dans les Monocotylédones et 28 dans les Dicotylédones.

16 espèces lui sont communes avec d'autres flores fossiles, et sur les 16, 14 sont caractéristiques pour la période crétacée.

Les provinces de la végétation actuelle qui sont représentées dans la flore de Niederschoena sont : Nouvelle-Hollande, Indes orientales, Afrique méridionale, Brésil, Inde occidentale et Amérique du Nord.

Le plus grand nombre des espèces ont leurs affinités les plus étroites avec la flore tertiaire.

La prédominance des protéacées, des gymnospermes et des légumineuses rapproche cette flore de celle de l'Océanie ainsi que de la flore tertiaire. Mais, par le développement relativement assez riche des gymnospermes et des filices, elle se relie aux flores secondaires.

On peut citer comme caractéristiques, tant de la flore crétacée en général que de celle de Niederschoena en particulier :

Didymosaurus, Cunninghamites, Credneria, Daphnites et Conospermites.

Scandinavie. — La célèbre craie de Faxoe, avec son caractère si tranché de récif corallien, avait été jusqu'ici vainement cherchée dans les environs du gisement classique décrit par Forchhammer. M. Johnstrup (2) vient de la retrouver à Annetorp, en Suède, au sud-ouest de Malmoe, où elle forme le fond d'une carrière ouverte dans le calcaire de Salmtholm.

Le gisement d'Annetorp est éloigné de neuf milles de celui de Faxoe, avec lequel il présente la concordance la plus parfaite, tant au point de vue de la composition que sous le rapport des fossiles, parmi lesquels les polypiers occupent la première place.

La craie à polypiers est recouverte, à Annetorp, par le calcaire à bryozoaires, au milieu duquel s'intercale une couche argileuse contenant des baguettes de cidaris, des articulations de Pentacrinus et de Goniaster et un grand nombre de dents de squales.

La craie de Faxoe se rencontre encore, mais avec une épaisseur minime et dépourvue de son faciès corallien, à Stevnsklint où elle

(1) *Académie des sciences de Vienne*, LV, 236.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, 230.

repose sur la craie blanche par l'intermédiaire de l'argile à poissons et est recouverte par le Liimsteen, équivalent du calcaire à bryozoaires. Ainsi, dans ce point, la couche argileuse riche en débris de poissons, au lieu de recouvrir la vraie craie de Faxoe, lui sert de base.

Le gisement d'Annetorp a fourni à M. Lundgren (1) les fossiles suivants :

Otodus angustidens, Panopeus faxeensis; Dromia rugosa, Dromia minor; Nautilus danicus, N. bellerophon; Cypræa bullaria, C. spirata; Cerithium selandicum; Siliquaria ornata; Pleurotomaria niloticiformis; Terebratulina gracilis, T. striata; Terebratula carnea; Crania spinulosa; Ostrea vesicularis; Mytilus angulatus; Arca crenulata, A. striata; Cardium crassum, C. Schlotheimi, Isocardia faxeensis.

TERRAINS NÉOZOIQUES.

TERRAINS TERTIAIRES.

Étage éocène.

FRANCE. BASSIN DE LA MÉDITERRANÉE. — M. Matheron (2) a étudié les calcaires lacustres du Montaiguet, près d'Aix, et de Grabels, calcaires caractérisés par les Strophostoma lapicida, Bulimus Hopei, Pupa elegans, Limnæa aquensis, Planorbis subrotundatus, etc. Ces dépôts reposent directement sur le terrain nummulitique et passent sous les grès à Lophiodons de Carcassonne et d'Issel. M. Matheron les assimile au calcaire grossier parisien; ce qui lui semble justifier cette assimilation, c'est que le gronpe argilo-calcaire de Cuques, qui couronne l'étage du Montaiguet, contient les Limnæa Michelini, Planorbis Leymeriei, Achatina Marioni, c'est-à-dire une faune équivalente à celle des calcaires lacustres de Saint-Parres et de Provins. M. de Saporta (3) range aussi dans le terrain éocène les calcaires concrétionnés à empreintes végé-

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 762.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 772.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 772.

tales de Saint-Gély (Hérault). Ces calcaires, reposant sur le terrain néocomien et surmontés par l'étage du Palæotherium, contiennent une flore qui les rapproche des travertins de Sézanne et aussi des couches éocènes du Soissonnais.

VICENTIN. — M. Laube (1) a décrit les échinodermes du bassin tertiaire du Vicentin : il a établi 65 espèces, dont 30 sont nouvelles et 27 identiques avec des espèces éocènes du sud de la France. 8 espèces avaient été décrites par d'anciens auteurs sans que leur gisement eût été précisé. Une des espèces nouvelles constitue aussi un genre nouveau, décrit par M. Laube sous le nom de Chrysomelon.

La comparaison avec les gisements éocènes français a fait reconnaître à l'auteur la présence, dans le Vicentin, de l'horizon du Goulet près de Biarritz et de la zone à Eupatagus ornatus, suivie d'un horizon caractérisé par le Cyphosoma cribrum. Les couches les plus modernes sont riches en scutelles et correspondraient aux gisements des environs de Bordeaux.

M. Suess (2) a également étudié les formations éocènes du Vicentin, dans lesquelles il distingue, de haut en bas, les assises suivantes :

IV. ..
- *d.* Couches de Laverda, avec Sanguinolaria et Pholadomya Puschi.
- *c.* Couches de Sangonini.
- *b.* Couches à polypiers de Crosara.
- *a.* Sables, grès et conglomérats à Eupatagus minutus.

III. .
- Marnes de Priabona avec Orbitolines et Serpula spirulacea. (La faune de ces couches a été assimilée par M. Hébert à celle de Biarritz).

II. ..
- *g.* Calcaire coquillier avec Cerithium giganteum et nummulites, reposant quelquefois sur les tufs noirs de Ronca à Strombus Fortisi.
- *f.* Tufs verdâtres de S. Giovanni Ilarione.
- *e.* Calcaires à nummulites spira et schistes à végétaux de Novale.
- *d.* Calcaires à Cyclaster amœnus, Periaster Biarritzensis.
- *c.* Calcaire grossier blanc de M. Postale.
- *b.* Schistes calcaires à poissons de la Lastrara près de Bolca.
- *a.* Calcaire de Chiampo (membro).

I. ..
- Tuf rouge brique de Spileo avec Rhynchonella polymorpha, Bourguetocrinus, etc.

(1) *Académie des sciences de Vienne*, LVI (1867). — *Neues Jahrb.*, 1868, 120.
(2) *Académie des sciences de Vienne*, LVIII, juillet 1868.

M. Schloenbach (1) vient de signaler la présence d'une bélemnite, non roulée, au milieu d'une collection de fossiles tertiaires éocènes provenant de Ronca en Vicentin. Cette espèce, qu'il nomme Belemnites rugifer, ne lui paraît pas devoir être assimilée à celle que M. Schafhäutl, après M. Boué, a signalée dans les couches éocènes du Kressenberg.

ALGÉRIE. — M. Hardouin (2) distingue, dans le terrain éocène de la province de Constantine, deux étages, l'un supérieur, qu'il appelle *éocène nummulitique*, l'autre inférieur ou *éocène suessonien*. Le premier est composé de calcaires cristallins avec nummulites Puschii, N. nummularia, N. lævigata. Le second, très-variable dans sa composition minéralogique, tantôt argileux et tantôt calcaire, contient les Ostrea multicostata, O. strictiplicata, Venus Matheroni, Periaster obesus, Macropneustes Baylei.

Il arrive souvent que les couches nummulitiques reposent directement sur les couches liasiques, comme dans le Petit-Atlas, où elles sont redressées verticalement. En outre, le suessonien n'est souvent recouvert que par le miocène ; il y a donc, suivant l'auteur, entre ces deux étages, une indépendance suffisante pour qu'on soit autorisé à les séparer.

ÉGYPTE. — M. Delanoüe (3) a étudié le terrain éocène des environs de Thèbes où il a distingué six étages qui sont, en ordre descendant :

1° 90 mètres de calcaires à Ostrea flabellula minor ;

2° 71 mètres de marnes et calcaires marneux avec Natica cepacæa, Crassatella tumida, Nummulites distans, N. planulata ;

3° 80 mètres de calcaires à grandes lucines ;

4° 116 mètres de calcaire crayeux sans fossiles ;

5° 31 mètres de marnes très-fossilifères avec poissons, Aturia ziczac, Nautilus centralis, Terebratulina tenuistriata, etc.

6° calcaire grisâtre, crayeux, d'épaisseur inconnue, reposant, comme l'ont révélé les sondages, sur le grès crétacé de Nubie.

D'après M. d'Archiac, le premier étage pouvait correspondre aux sables de Beauchamp et le second au calcaire grossier. Mais le résultat saillant de l'étude de M. Delanoüe est l'attribution à l'éocène des calcaires du cinquième étage, considérés jusqu'ici comme crétacés, tandis que leur faune a révélé de grandes analogies avec l'argile de Londres.

(1) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, XVIII, 455.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 336.
(3) *Comptes rendus*, LXVII, 701.

Limite supérieure de l'étage éocène.

M. de Koenen (1), qui s'est déjà occupé, à plusieurs reprises (2), des formations oligocènes de l'Europe, a donné, dans le tableau suivant, le synchronisme de ces formations dans diverses contrées:

	NORD DE LA FRANCE.	ANGLETERRE.	PAYS-BAS.	ALLEMAGNE DU NORD.	NORD DE L'ITALIE.
Miocène.			Systèmes diestien et boldérien.	Bersenbrück, Lüneburg, Schleswig.	La Superga, près de Turin.
supérieur.	Calcaire de Beauce.		Elsloo pres de Maestricht.	Crefeld, Bünde, Cassel, Wiepke, Sternberg.	Dego, Carcare, etc.
moyen.	Sable de Fontainebleau, calcaire de la Brie, marnes vertes, marnes à cyrènes.	Série de Hempstead, séries d'Osborne et de Bembridge.	Système rupelien supérieur et inférieur. S. tongrien supérieur.	Argile à Septaria, sable de Stettin, de Soellingen et de Lattorf.	Couches marines de Salcedo, Castel-Gomberto, Monteviale, Montecchio maggiore.
inférieur.	Gypse, calcaire de Saint-Ouen.	Série de Headon.	S. tongrien inférieur.	Sable inférieur de Lattorf, Westeregeln, Helmstædt.	Calcaire à fucoïdes, flysch, couches à nummulites des hautes Alpes.
Eocène supérieur.	Sables moyens (de Beauchamp)	Bartonclay.			[illegible]

THURINGE. — Le bassin oligocène paraît, du reste, s'étendre vers l'est de l'Allemagne centrale plus loin qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. C'est ainsi que M. E. E. Schmid (3) a signalé l'apparition de cet horizon, caractérisé par ses mollusques habituels, au moulin à vent d'Essleben, au nord de Buttstaedt, en Thuringe.

CÔTES DE LA BALTIQUE. — Chargé, par le gouvernement prussien, d'étudier la question de l'exploitation de l'ambre sur les côtes de la Baltique, M. Runge (4), en s'aidant des observations de M. Zaddach, a donné d'intéressants détails sur les couches tertiaires de la presqu'île du Samland.

On sait que les opinions les plus diverses ont été émises sur l'o-

(1) *Zeit. d. d. g. G.*, 1867, 23.
(2) *Revue de géologie*, IV, 193, 219.
(3) *Zeit. d. d. g. G.*, XIX, 502.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, 769.

rigine de l'ambre de la Baltique. Quelques géologues l'ont considéré comme un produit diluvien; d'autres l'ont fait remonter jusqu'à la craie et même jusqu'au terrain jurassique.

Il paraît que le principal gisement de cette matière est situé à la base de l'étage oligocène, au-dessous des couches à lignites qui en contiennent encore quelques rognons. Les assises riches en ambre appartiennent à un système où abondent les grains de glauconie et que, pour ce motif, M. Zaddach a nommé *formation glauconieuse*. Ce système comprend, de haut en bas : d'abord, 15 à 20 mètres d'un sable ferrugineux et glauconieux, fossilifère, recouvrant 2 mètres à 2m.50 d'un sable vert. Au-dessous vient la *terre bleue* ou terre à ambre, puissante de 1 mètre à 1m.30, avec glauconie, argile et mica. L'ambre s'y rencontre en morceaux d'inégale grosseur, mais toujours en grandes quantités. Au-dessous de la terre bleue se trouve une argile assez semblable, mais plus grise et plus micacée.

Ces caractères ne sont pas absolument constants et il arrive, dans la partie occidentale du Samland, que l'ambre remonte dans les sables glauconieux.

Le fossile principal de la glauconie est l'Ostrea ventilabrum, associée à des Pectunculus, Cardium, Cyprina, Natica, Spatangus, Scutella, Echinus, etc.

La formation lignitifère du Samland, que M. Zaddach rattache à l'oligocène moyen, se divise en trois assises : Le sable quartzeux grossier à la base, le sable stratifié au milieu et le sable fin micacé au sommet.

L'assise moyenne renferme deux couches de lignite, puissantes de 1m. 50, dont l'inférieure contient beaucoup de végétaux fossiles que M. Heer a étudiés. L'espèce dominante est le Populus Zaddachi. Toutes les plantes sont bien conservées et paraissent avoir vécu sur place.

L'assise supérieure renferme aussi une couche de lignite de un à deux mètres.

M. Runge attribue la production de l'ambre à des forêts de pins résineux dont la mer voisine entraînait peu à peu les débris lors du dépôt des sables glauconieux.

Étage miocène.

Bretagne et Normandie. — Il existe aux environs de Rennes, dans les carrières des fours à chaux de Saint-Jacques et de la Chausserie, un terrain marin, caractérisé par les miliolites et les rhizopodes, que M. J. Desnoyers, auteur de la découverte, avait autrefois placé sur l'horizon du calcaire grossier parisien. Ce lambeau tertiaire a été étudié par M. Tournoüer (1), qui y a découvert les Melania semidecussata, Natica crassatina, Cerithium plicatum, C. conjunctum, Potamides Lamarcki, espèces caractéristiques des sables de Fontainebleau, associées à d'autres fossiles connus dans le miocène inférieur de diverses contrées.

Ce calcaire est recouvert par un travertin avec lymnées, planorbes et hélices, dans lequel M. Tournoüer est disposé à voir l'équivalent des meulières de Montmorency.

Ces conclusions sont importantes, car elles empêchent d'admettre plus longtemps que le bassin éocène de Paris ait communiqué par la Bretagne avec le bassin éocène du sud-ouest.

M. Tournoüer (2) a constaté, de plus, dans le gisement tertiaire du Saint-Georges de Bouhon, près de Carentan, la présence d'une faune de térébratules et de peignes qui lui semble se rapprocher beaucoup plus de la faune des faluns que de celle du crag, à laquelle l'avait d'abord assimilée sir Charles Lyell.

Grèce. — MM. de Saporta (3) et Unger (4) ont étudié la flore fossile provenant des calcaires d'eau douce avec lignite de Coumi (Eubée). Le nombre des espèces de cette flore est de 116. Tandis que M. Unger est porté à la regarder comme contemporaine du miocène de Pikermi, M. de Saporta la croit plutôt équivalente à la flore des lignites de Manosque et à celle d'Armisan, en France, avec lesquelles elle a beaucoup d'espèces communes. La rareté des monocotylédones, la profusion des Myricées, la présence multipliée des chênes et des laurinées, l'apparition des genres européens Alnus, Populus, Acer, Juglans, classent cette flore sur l'horizon de l'étage aquitanien de M. Heer, étage caractérisé par l'An-

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 367.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 389.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 315.
(4) *Die fossile Flora* von Kumi, Vienne, 1867.

thracotherium magnum, c'est-à-dire bien antérieur à l'apparition de la faune de Pikermi.

SPITZBERG. — M. O. Heer (1) a examiné une collection de plantes fossiles recueillie par MM. Nordenskjold et Blomstrand dans un grès d'eau douce miocène du Spitzberg. Parmi les 11 espèces déterminées, 5 sont des formes miocènes déjà connues (Taxodium dubium, Populus Richardsoni, Alnus Kefersteini, Corylus Mac-Quarrii et Fagus Deucalionis). Les autres se rattachent aussi très-étroitement à la flore miocène. La plupart de ces plantes exigeant une température moyenne de 14° à 15° C. pendant l'été, c'est-à-dire celle qui règne aujourd'hui dans le sud de la Suède et de la Norwége, on voit que le Spitzberg devait jouir, à l'époque miocène, d'un climat beaucoup plus chaud que celui qu'il possède aujourd'hui.

ANTILLES. — Nous avons déjà parlé (2) des travaux de M. Martin Duncan sur les polypiers miocènes des Antilles. D'après ce savant, les couches miocènes de ces îles contiennent 102 espèces et 26 variétés de coraux, dont 11 espèces sont encore vivantes, savoir : 6 dans la mer Caraïbe seulement, 3 communes à cette mer et à l'océan Pacifique, et deux spéciales à l'océan Pacifique et à la mer Rouge. 10 autres espèces sont communes au miocène des Antilles et à celui d'Europe. Enfin deux espèces se retrouvent dans la craie inférieure du continent européen. Déduisant ces 23 espèces, il reste encore, pour le miocène des Antilles, une faune spéciale très-développée. Les genres caractéristiques qui la composent ont la plupart de leurs représentants actuels dans l'océan Pacifique, la mer des Indes, la mer Rouge et les mers australiennes. Leurs congénères tertiaires se trouvent en Europe, en Australie, à Java et à Scinde. Enfin, sur les 14 genres décrits, 8 ne sont plus représentés dans la faune corallienne actuelle des mers Caraïbes.

Étage pliocène.

ANGLETERRE. — Le *crag* d'Angleterre a été récemment l'objet de nombreux travaux dont nous allons donner le résumé.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 870.
(2) *Revue de Géologie*, IV, 259.

M. **Prestwich** (1) a d'abord donné une coupe détaillée du *crag corallien* de Sutton, où il établit les subdivisions suivantes :

Assise supérieure (0m,80)	*h.* Sable et coquilles brisées (1m,80).
	g. Coquilles brisées et débris de bryozoaires formant une pierre tendre (9 mètres).
Assise inférieure (14m,10)	*f.* Coquilles brisées avec de nombreuses petites coquilles entières (1m,50).
	e. Sable avec nombreux bryozoaires, quelques petits fossiles et Echini (3m,60).
	d. Coquilles brisées et entières et lits de calcaire (4m,50).
	c Lits marneux avec nombreuses coquilles bien conservées (3 mètres).
	b. Coquilles brisées et débris de cétacés (1m,20).
	a. Nodules phosphatés et débris de mammifères (0m,30).

Un bloc de porphyre a été découvert à la base de l'assise inférieure. M. **Prestwich** en conclut que le climat de cette époque devait être très-froid, la glace seule ayant pu transporter le bloc en question.

Aidé de M. **Gwyn Jeffreys**, M. **Prestwich** a dressé la liste des mollusques du crag corallien et, en le comparant à d'autres gisements, il a émis l'opinion que le *crag noir* de Belgique devait être un peu plus ancien.

— Quant au *crag rouge* de Suffolk, d'après M. **Prestwich**, il recouvre le crag corallien, dont il remplit les cavités, se modelant autour de récifs isolés de ce dernier de manière à lui être quelquefois inférieur topographiquement. La série des couches y est extrêmement variable. On y peut distinguer une assise supérieure, assez fréquemment dépourvue de fossiles, mais où les coquilles, quand on les trouve, se rencontrent dans la position même où elles ont vécu ; et une assise inférieure, fossilifère, où les coquilles sont brisées et mélangées en forte proportion avec des fossiles remaniés du crag corallien. Presque toujours il existe un lit de nodules phosphatés à la base de cette assise inférieure.

Les fossiles des deux assises sont assez étroitement unis pour que le groupe tout entier mérite d'être considéré comme une unité paléontologique. M. **Gwyn Jeffreys** porte à 146 le nombre des espèces propres au crag rouge. Sur ce nombre, 133 (ou 92 p. 100) appartiennent à des espèces vivantes, dont 115 habitent encore les mers anglaises, tandis que 45 se retrouvent dans des latitudes

(1) *Geol. Society*, 11 mars 1868.

plus septentrionales et que 3, au contraire, descendent aujourd'hui plus bas vers le sud.

—Le *crag à mammifères* du Norfolk paraît à M. Prestwich être l'équivalent du crag rouge, avec lequel il n'est jamais en contact. La différence des deux dépôts proviendrait des conditions particulières dans lesquelles ils se sont produits et, notamment, de ce que les formations littorales et saumâtres prédominaient dans le Norfolk.

—MM. Searles Wood et Harmer (1) se sont également occupés des dépôts des côtes de Norfolk et de Suffolk (2). Ils pensent, comme M. Prestwich, que les dents et les mâchoires de mammifères terrestres qu'on trouve dans le crag fluvio-marin de Norwich et dans les couches de Chillesford ne représentent pas la faune du dépôt, mais sont des débris remaniés, provenant d'une couche plus ancienne. En outre, et ce résultat s'accorde encore avec ceux de M. Prestwich, ce crag fluvio-marin, tel qu'on l'observe à Thorpe et à Bramerton, serait contemporain de la partie supérieure du crag rouge. En définitive, la série du crag supérieur comprendrait, de haut en bas, les trois assises suivantes :

1° Argile de Chillesford;

2° Sables contenant le crag coquillier de Chillesford, d'Easton-Cliff et d'Aldeby; couche supérieure de Bramerton;

3° Crag rouge et crag fluvio-marin. Les dépôts postérieurs à l'argile de Chillesford et connus sous les noms de crag de Belaugh et crag de Weybourne, devraient être placés à la base du terrain glaciaire; ils se distinguent d'ailleurs du véritable crag par la présence de la Tellina solidula.

Quant au *Forest-bed*, avec les argiles sableuses d'eau douce associées, MM. Wood et Harmer le regardent comme représentant une surface continentale antérieure au dépôt des graviers à Tellina solidula et peut-être contemporaine du véritable crag qui, sans cela, ne serait pas représenté sur la côte nord du Norfolk.

— M. Charlesworth (3), à qui l'on doit la dénomination de *crag rouge*, proposée par lui dès 1835, est intervenu dans cette question. Il a cherché d'où pouvaient provenir les nodules phosphatés découverts à la base de cette assise par M. Henslow et

(1) *British Association*, 20 août 1868. — *Geol. Mag.*, V, 452.
(2) *Revue de Géologie*, VI, 197.
(3) *Geol. Mag.*, V, 577.

qui donnent lieu depuis 1840 à une exploitation si active, qu'avant peu il ne restera plus de traces du crag rouge que dans les collections et les livres. Ces nodules, improprement appelés coprolithes, sont des concrétions formées autour de corps étrangers. Toutes les fois qu'il s'y trouve des coquilles, elles appartiennent, non à la faune du crag rouge, mais à celle de l'argile de Londres. Les dents de poissons qu'on y rencontre proviennent invariablement de la même source : et jamais un nodule n'a présenté une seule dent de l'un des innombrables cétacés qui vivaient à l'époque du crag. On est donc conduit à penser que tous les nodules phosphatés du crag sont originaires de l'argile de Londres.

— M. Ray Lankester (1) est d'accord avec M. Prestwich sur l'existence, à la base du crag corallien et du crag rouge, des « lits de coprolithes » contenant des débris de mammifères terrestres et marins avec des dents de poissons plagiostomes, ainsi que sur la nature adventive de ces débris, qu'il avait déjà reconnue en 1865 (2). Il estime que ces débris proviennent d'un dépôt antérieur, contemporain du système diestien ou crag noir de la Belgique. Dans les nodules de grès provenant de ces lits à ossements, M. Lankester a trouvé une trentaine de mollusques d'un faciès diestien, appartenant aux genres Pectunculus, Isocardia, Voluta, Pyrula. En outre, ces nodules ont fourni des ossements de cétacés et notamment une grande dent de Carcharodon.

Le nom de « Lit de coprolithes » paraît à M. Lankester, comme à M. Charlesworth, improprement appliqué. Les nodules de cette couche proviendraient de l'argile de Londres et auraient emprunté leur phosphate de chaux, par substitution, aux grandes quantités d'ossements roulés avec eux sur le rivage. L'auteur propose donc de considérer cette couche comme un véritable *bone-bed* et de l'appeler bone-bed de Suffolk.

ITALIE. — M. Seguenza (3) a reconnu l'existence, aux environs de Messine et dans les provinces méridionales de l'Italie, d'une formation de couches marneuses et de calcaires qu'il lui paraît utile de désigner sous un nom spécial, celui d'étage *zancléen*. Sur 504 espèces, 289 lui sont exclusivement propres. Des 215 autres, 131 appartiennent au tortonien (4), 153 au plaisancien et à l'astien. En-

(1) *Geol. Mag.*, V, 254.
(2) *Revue de Géologie*, V, 198.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 465.
(4) *Revue de Géologie*, V, 199.

fin, 35 se sont conservées jusqu'à l'époque actuelle. Il y aurait donc, dans le zancléen, 83 p. 100 d'espèces perdues.

Dans le centre et le nord de l'Italie, on retrouve à peu près partout des formations synchroniques du zancléen; et si elles ne sont pas toujours nettement distinctes du plaisancien qui les surmonte, elles sont néanmoins caractérisées par leur faune et notamment par l'abondance des rhizopodes.

Le zancléen forme un horizon intermédiaire entre le miocène et le pliocène, mais se rattachant plutôt à ce dernier. Il peut se subdiviser, du haut en bas, comme il suit:

Zancléen. .	1. Marnes sableuses très-riches en brachiopodes et en foraminifères.
	2. Calcaire à polypiers et à brachiopodes.
	3. Marnes à foraminifères, alternant à la partie inférieure avec des couches de sable.

— M. Charles Meyer (1) accepte le nouvel étage de M. Seguenza. Il lui donne le nom de *missinien* et le compose des trois assises suivantes:

1° Au sommet, les couches d'Epplesheim, équivalentes aux lits de graviers à Dinotherium des vallées du Danube, du Jura et du Rhin.

2° Les couches à Dreissena (congeria) de la vallée du Danube et de Kertch, contemporaines des bancs supérieurs de gypse du nord des Apennins et de la mollasse supérieure d'eau douce de la Suisse.

3° A la basse, les couches de Billowitz, celles à cérithes et à Mactra podolica de la vallée du Danube et de la Russie; les marnes à cérithes de Stazzano et de Sainte-Agathe près de Tortone. — La mollasse blanche, sableuse et micacée du nord de la Suisse.

Les marnes marines si puissantes de Messine correspondraient probablement à l'ensemble de ces trois dépôts.

ALBANIE. — D'après M. Coquand (2), le terrain pliocène subapennin est très-développé en Albanie, aux environs de Sélénitza. On remarque, à sa base, un système puissant d'argiles bleuâtres avec couches subordonnées de grès et poudingues et quelques lits d'un calcaire coquillier contenant les fossiles suivants : Venus plicata, Arca diluvii, Ostrea navicularis, Buccinum semistriatum, Cardium edule, Pecten plebeius, P. dubius, Turritella tricarinata,

(1) *Geol. Mag.*, V, 136. — *Catalogue systématique et descriptif des fossiles des terrains tertiaires au musée fédéral de Zurich.*
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXV, 25.

Natica millepunctata, Cerithium doliolum. Au-dessous de ces bancs fossilifères sont deux amas gypseux considérables, probablement contemporains des gypses pliocènes de Scillé et de Gesso en Sicile.

La partie supérieure du terrain pliocène offre des grès jaunâtres qui passent à de véritables poudingues à éléments empruntés au terrain nummulitique du voisinage et à des massifs éruptifs plus éloignés. Les grès sont souvent fossilifères et contiennent, comme la *panchina* de Volterra en Italie, les Janira Jacobæa et Cardium edule.

C'est au milieu de ce terrain pliocène que se trouve emprisonnée l'huile minérale de l'Albanie. Elle existe à l'état de bitume solide dans les grès et poudingues et à l'état de pétrole dans les argiles, où elle a plus facilement échappé à l'oxydation.

DEUXIÈME PARTIE.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est chaque année l'objet d'un grand nombre de travaux et elle offre de l'intérêt à toutes les personnes qui s'occupent de géologie. Comme les années précédentes, nous allons en présenter un résumé sommaire, nous attachant plus particulièrement à donner les nouvelles recherches sur la composition des roches. L'anayse chimique permet, en effet, d'arriver d'une manière certaine à la connaissance des roches, et elle est d'autant plus précieuse qu'elle peut encore être employée, lorsque le caractère minéralogique fait défaut. De plus, bien que la composition chimique des roches ne soit pas constante, elle varie dans des limites qu'il est nécessaire d'indiquer, et qui sont quelquefois assez étroites. D'ailleurs, lorsqu'on ne peut discerner les minéraux qui entrent dans la constitution d'une roche, comment les séparer et

acquérir sur eux la moindre notion, si ce n'est à l'aide des réactifs chimiques. Dans ce cas, l'analyse élémentaire donne toujours les renseignements les plus utiles, surtout lorsqu'il s'agit de roches très-imparfaitement cristallines, telles que les roches vitreuses.

En définitive, malgré les résultats importants obtenus dans ces derniers temps par l'examen microscopique des roches, c'est incontestablement l'analyse chimique qui a fait faire le plus de progrès à la lithologie.

Pour comparer facilement les nouvelles analyses de roches avec celles qui ont été publiées antérieurement, il sera bon de consulter quelques ouvrages spéciaux, notamment ceux de MM. Roth, G. Bischof et Rammelsberg, ainsi que les sept volumes antérieurs de la *Revue de géologie*.

Nous devrons aussi renvoyer très-fréquemment au *Neues Jahrbuch fur Mineralogie und Geologie* qui est publié par MM. Gustave Leonhard et Bruno Geinitz.

OUVRAGES SUR LES ROCHES.

Parmi les traités publiés sur les roches, signalons celui de M. A. Kenngott (1). Après une description rapide des minéraux dont la connaissance est la plus importante pour l'étude des roches, M. Kenngott fait connaître leurs propriétés générales, particulièrement leur structure d'agrégation et de séparation, leur gisement, ainsi que leur mode de décomposition.

Il donne ensuite la description et la composition chimique des espèces qui sont rapportées à quatre groupes :

1° Roches cristallines.
2° Roches porphyriques et porphyres.
3° Roches compactes.
4° Roches clastiques et combustibles.

Les roches les plus importantes sont d'ailleurs traitées avec le plus de détail.

— M. K. Haushofer (2) a publié des tableaux destinés à faciliter la détermination des roches. Il donne leur densité, leur manière de se comporter au chalumeau et à l'égard des acides,

(1) *Elemente der Petrographie zum Gebrauche bei Vorlesungen und zum Selbstudium*, in-8. — *Neues Jahrbuch*, 1862, p. 758.
(2) *Neues Jahrbuch.*, 1868, 93.

ainsi que leur composition chimique. Il y a joint des analyses qui lui sont personnelles.

Les tableaux comprennent :

I. Les minéraux qui constituent les roches cristallines ou qui s'y trouvent accidentellement.
II. Les roches qui sont ou qui paraissent simples (Kryptomere).
III. Les roches oolithiques, sphérolithiques, variolithiques, amygdalaires et autres de ce genre.
IV. Les roches porphyriques.
V. Les roches cristallines, grenues ou schisteuses.
VI. Les roches bréchiformes.
VII. Les roches désagrégées.

— Enfin parmi les travaux minéralogiques qui ont réalisé des progrès dans la connaissance des roches, nous mentionnerons les recherches de M. Des Cloizeaux (1) sur les propriétés optiques des minéraux ; on les trouvera soit dans son Manuel de minéralogie, soit dans divers mémoires qui ont été publiés par les Annales des Mines et par l'Académie des sciences.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

Influence de la pression sur les phénomènes chimiques.

Toutes les réactions qui se produisent à l'intérieur de la terre, s'accomplissent sous des pressions extrêmement puissantes ; par suite, il est très-intéressant pour le géologue de connaître l'influence exercée par la pression sur les phénomènes chimiques.

M. Berthelot auquel on doit des recherches sur ce sujet avait pensé que la pression n'exerce pas d'action sur la force chimique. Quand l'on met par exemple, dans un tube du zinc, de l'eau et de l'acide sulfurique, en augmentant la pression le dégagement d'hydrogène éprouve bien un ralentissement, et finit même par cesser complétement ; mais M. Berthelot s'était demandé si ce résultat ne devait pas être attribué à ce que le sulfate de zinc forme alors une couche qui recouvre le métal et empêche l'action de l'acide ?

M. Cailletet (2) vient de reprendre ces expériences, et il a

(1) Sur l'emploi des propriétés optiques biréfringentes pour la détermination des espèces cristallisées (*Annales des mines de* 1857 *et* 1857. — *Mémoires des savants étrangers*, tome XVIII.

(2) *Comptes rendus*, mars 1869.

fait voir que, même en agitant le mélange avec un mouvement d'horlogerie, l'attaque cesse à 120 atmosphères. En opérant sous des pressions inférieures à une atmosphère, M. Cailletet a constaté de plus que la quantité d'hydrogène dégagé augmente à mesure que la pression se réduit. Ces expériences montrent donc que la pression tend à diminuer l'action de l'acide sulfurique sur le zinc et à ralentir le dégagement d'hydrogène.

On conçoit d'ailleurs que les effets de la pression doivent varier beaucoup avec les phénomènes chimiques considérés; et pour le géologue il serait surtout important de bien connaître l'influence que la pression exerce sur les combinaisons de la silice avec les alcalis, la chaux, la magnésie, l'alumine, les oxydes métalliques.

Il conviendrait aussi d'étudier les réactions qui se produisent en soumettant à la pression des argiles, des argilites, de la silice et du carbonate de chaux; car ces substances minérales sont celles qui constituent essentiellement les roches sédimentaires, et l'examen des effets produits permettrait de faire la part de la pression dans leur métamorphisme.

Action de la chaleur sur les roches.

M. Lamy (1) a constaté que le carbonate de chaux calciné dans un tube commence à perdre son acide carbonique à la température de 800°.

— M. L. Elsner (2) a fait une série de recherches relatives à l'action exercée par la chaleur sur les minéraux et sur les roches.

Les substances examinées étaient soumises à la température de fours de porcelaine atteignant 2500° à 3000°.

En ce qui concerne les minéraux, une certaine teneur en alcalis et en oxydes de fer rend les silicates facilement fusibles, tandis qu'ils deviennent réfractaires lorsqu'ils renferment une grande proportion d'alumine comme cela a lieu pour la topaze, ou bien lorsqu'ils sont exempts de fer, comme la grammatite et la wollastonite. Les minéraux fluorés tels que la topaze et le lépidolite éprouvent des changements dans leur composition. Quelques minéraux tels que le corindon, l'augite, la wollastonite, conservent leur forme cristalline; mais l'hornblende prend la forme de l'augite et augmente de densité.

Quand des roches ou des minéraux silicatés sont soumis à la fusion

(1) Ch. Mène, *Revue hebdomadaire de chimie*, 1868, p. 180.
(2) *Erdmann und Werther Journ. f. pract. Chemie*, IC, p. 262. — *Neues Jahrbuch*, 1868, 356.

leur densité éprouve d'ailleurs une diminution, comme l'ont constaté depuis longtemps divers observateurs (1).

M. Elsner prétend que la ponce fondue donne une masse vitreuse ressemblant à de l'obsidienne et il regarde comme probable que cette dernière roche n'est que de la ponce portée à une haute température. Remarquons cependant que l'obsidienne soumise à l'action de la chaleur rouge perd très-facilement ses matières volatiles et qu'elle se change au contraire en ponce; par la chaleur des fours à porcelaine l'on obtient bien une masse vitreuse, mais elle n'est plus absolument identique à l'obsidienne. De même que le rétinite et le perlite, l'obsidienne retient de l'eau et des matières organiques; elle s'est vraisemblablement formée sous pression et à une température qui devait, en tout cas, être beaucoup moins élevée que celle des fours à porcelaine.

Pouvoir condensateur des substances minérales sur les matières organiques.

M. de Liebig a montré que l'argile possède la propriété, très-importante au point de vue agricole, d'accumuler les matières organiques et en particulier les produits résultant de la décomposition des engrais dans le sein de la terre. Récemment, M. Mazure (2) a constaté que le sable et même le gravier jouissent également de cette propriété, bien qu'à un degré beaucoup moindre.

Pour le sable siliceux, elle provient sans doute d'une condensation des matières organiques à la surface des grains. Pour l'argile, il en est vraisemblablement de même; et comme les parcelles qui la composent sont très-petites, elles présentent pour le même poids une surface beaucoup plus grande aux matières organiques.

Toutefois il est vraisemblable que les matières organiques retenues par les terres arables dépendent non-seulement de l'état physique de leurs éléments, mais encore de leur composition chimique. C'est du reste ce qui paraît résulter aussi des variations dans la proportion d'eau qui peut imbiber les différentes roches, et l'on conçoit que plus elle sera grande, plus les matières organiques tendront à augmenter (3).

Comparant ensuite la proportion de matières organiques accumulées dans divers sols et sous-sols de la Sologne, M. Mazure a obtenu les résultats suivants qui sont exprimés en centièmes:

---

(1) Voir à ce sujet les recherches de MM. Charles Sainte-Claire Deville, Bischof et Delesse.
(2) *Revue des Sociétés savantes*, 1867; II, 327.
(3) Delesse : *Revue de géologie*, t. II, p. 62.

	ARGILE. — Matières organiques et eau.	SABLE. — Matières organiques.	GRAVIER. — Matières organiques.
Sol	13,22	4,33	0,35
Sous-sol	8,50	3,11	0,33

On voit que pour le sable et pour le gravier il y a peu de différence entre la proportion des matières organiques contenues dans le sol et dans le sous-sol.

Nous observerons d'ailleurs au sujet des recherches précédentes que M. Delesse (1) a constaté la présence de matières organiques dans les différentes roches, lors même qu'elles sont prises à de grandes profondeurs dans l'intérieur de la terre et qu'il a dosé la proportion d'azote qu'elles renferment.

Triage minéralogique des roches.

M. Ch. Des Moulins (2) s'est occupé de l'examen minéralogique de quelques dépôts qui s'observent dans la vallée de la Dordogne. Se servant de la méthode employée par M. Delesse, pour des recherches du même genre, il a soumis ces dépôts à un triage. M. Ch. Des Moulins a constaté ainsi que dans le bassin de la Dordogne : 1° la mollasse ne renferme que du quartz pur, hyalin ou grenu. 2° Le dépôt des plateaux contient en outre du silex et un très-petit nombre d'autres roches, lesquelles appartiennent aux terrains primitifs et ne sont jamais calcaires. 3° Le dépôt graveleux du lit de la Dordogne se compose des apports des deux dépôts précédents et d'un nombre considérable de roches primitives venues directement de l'Auvergne avec des roches volcaniques. 4° Les alluvions actuelles de la Dordogne résultent du remaniement des dépôts précédents et des débris provenant du calcaire éocène et surtout des falaises calcaires du Périgord entre lesquelles coule cette rivière.

Acide phosphorique dans les roches.

L'analyse a démontré qu'il existe des quantités très-sensibles d'acide phosphorique, non-seulement dans les roches stratifiées, mais encore dans les roches éruptives. Ainsi, M. Skey (3) a indi-

(1) *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre*, in-8, Paris, Dunod, 1861.
(2) *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux* [3], VI, 27.
(3) *Journal de pharm. et de chim.*, t. IX, 1869, p. 315.

qué de l'acide phosphorique dans le silex pyromaque, dans l'opale, dans le basalte, dans le granite.

D'un autre côté, cet acide a été reconnu par M. Schiel (1) dans le trachyte bordant les rives du Sacramento et précédemment M. Charles Sainte-Claire Deville a signalé l'existence de l'acide phosphorique dans les roches volcaniques.

Des recherches à ce sujet ont encore été faites récemment par M. de Gasparin (2) qui s'est servi d'un procédé nouveau permettant de doser l'acide phosphorique avec précision.

1° Des sables granitiques près d'Annonay ont accusé 0.62 p. 100 d'acide phosphorique ; 2° les alluvions de la Durance en contiennent 0.62 p. 100 ; 3° le diluvium siliceux du littoral méditerranéen en renferme 0.49 p. 100 ; 4° les argiles de l'Arve (Haute Savoie) en donnent 0.12. Comme la chaux manque souvent dans ces terrains, l'acide phosphorique n'est pas lié d'une manière indispensable à la présence de cette base; l'on trouve au contraire que souvent ses proportions sont en raison inverse de l'abondance de la chaux.

Il serait à désirer que ces dosages d'acide phosphorique fussent beaucoup plus multipliés, de manière à comprendre non-seulement les principales terres végétales de toute la France, mais encore les différentes roches éruptives et stratifiées qui constituent le sol de notre pays. La détermination des quantités d'acide phosphorique contenues dans les roches offre, en effet, de l'intérêt pour la géologie et surtout pour l'agriculture.

Êtres organisés dans les roches cristallines.

On sait que M. Ehrenberg a observé dans diverses roches une multitude d'organismes microscopiques qu'il a figurés et décrits dans son grand ouvrage intitulé *Mikrogeologie*. Il en signale dans le tripoli, dans plusieurs opales, dans les cendres volcaniques, dans les schlamms, dans les tufs. Mais c'est spécialement dans des roches qui se sont formées dans l'atmosphère ou bien qui peuvent être en communication avec elle.

Récemment M. Gustave Jenzsch (3) a indiqué des organismes végétaux et animaux qui se trouvent jusque dans l'intérieur de roches cristallines, même lorsqu'elles sont éruptives. De plus il regarde ces organismes comme fossiles.

Ainsi, M. G. Jenzsch annonce qu'il a observé divers infusoires

(1) *Journal de pharm. et de chim.*, t. XXXIX, 1861, p. 478.
(2) *Revue hebdomadaire de chimie*, par M. Ch. Mène, 1869, n° 29, p. 343.
(3) *Ueber eine mikroskopische Flora und Fauna Krystallinischer Massengesteine*. Leipzig, 1868.

dans le mélaphyre de Zwickau et en outre des algues qui sont même colorées en vert parce qu'elles ont été imprégnées par de la chlorite ferrugineuse (Delessite).

Rappelons à ce sujet et comme confirmation des études microscopiques de M. G. Jenzsch que l'analyse chimique a constaté l'existence de matières organiques azotées dans la plupart des roches cristallines, lors même qu'elle sont éruptives, très-compactes et qu'elles n'ont subi aucune altération; en sorte que les matières organiques sont bien originaires dans ces roches et contemporaines de leur cristallisation (1). De plus, des conferves et des végétaux inférieurs ont été trouvés jusque dans des eaux minérales ayant une température élevée; M. Des Cloizeaux en a même rencontré dans des sources thermales du sud de l'Islande dont la température dépassait 95°.

CLASSIFICATION DES ROCHES.

Classification des roches basée sur leur composition et sur leur origine.

Divers auteurs ont donné des classifications des roches qui sont basées non-seulement sur leurs caractères physiques et chimiques, mais encore sur leur origine (2); c'est également ce qu'a fait M. A. Vézian (3), qui a cherché à s'inspirer autant que possible des principes de la méthode naturelle.

M. Vézian, divise d'abord les roches en deux ordres, dont le premier comprend celles qui sont stratifiées (I) et le deuxième celles qui sont éruptives (II).

Les roches stratifiées sont partagées en trois grands groupes : 1° roches silicatées ou schisteuses; 2° roches non silicatées ou calcareuses, formées par voie de précipitation chimique; 3° roches détritiques résultant d'une sédimentation mécanique.

Les roches éruptives se subdivisent en deux classes : 1° plutoniques ou hydro-thermales; 2° volcaniques ou ignées. Chacune de ces classes comprend en outre une série feldspathique et une série magnésienne. Les roches stratifiées et éruptives sont d'ailleurs groupées par familles naturelles conformément aux deux tableaux que nous donnons ici :

(1) Delesse : *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.*
(2) *Revue de Géologie*, III, 75.
(3) *Prodrome de Géologie*, t. I, p. 636, et II, p. 77.

I. ROCHES STRATIFIÉES.

- **Résultant d'une sédimentation mécanique et formées aux dépens des roches préexistantes, stratifiées ou éruptives.**
  - *Conglomérées*. . . .
    - Grauwake : Anagénite.
    - Nagelfluhe : Gompholite.
    - Poudingue : Brèche.
    - Psephite.
    - Agglomérat (roches non cimentées).
  - *Arénoïdes*. . . . . .
    - Grès.
    - Arkose : Métaxite.
    - Psammite.
    - Macigno : Mollasse.
    - Glauconie.
    - Sable (roches non cimentées).
  - *Argiloïdes*. . . . . .
    - Argile, Marne, Limon (roches non cimentées).
    - Argilite.
    - Marnolite.
- **Résultant d'une précipitation chimique.**
  - Non silicatées, rarement schistoïdes.
    - *Diverses*. . . . . . .
      - Soufre. — Bitume.
      - Sel gemme.
      - Gypse. — Karsténite.
    - *Sidéritiques*. . . . .
      - Pyrolusite. — Acerdèse.
      - Limonite : Hématite brune.
      - Oligiste : Hématite rouge.
      - Siderose.
    - *Calcareuses*. . . . .
      - Dolomie.
      - Calcaire.
    - *Siliceuses*. . . . . .
      - Silex pyromaque, corné, molaire.
      - Phtanite : Jaspe schisteux.
      - Quarzite.
  - Silicatées presque toujours schistoïdes.
    - *Schistes calcareux*.
      - Calschiste.
      - Ophicalce : Cipolin.
    - *Schistes argiloïdes*.
      - Schiste argileux.
      - Phyllade.
      - Talschiste phylladiforme.
    - *Schistes cristallins*.
      - Schiste chloriteux.
      - Schiste talqueux.
      - Schiste micacé.
      - Gneiss : Granite stratifié.

II. ROCHES ÉRUPTIVES.		SÉRIE FELDSPATHIQUE.	SÉRIE MAGNÉSIENNE.
		Roches laviques. (*Groupe renfermant des roches très-variables d'aspect et de composition.*)	
	Volcaniques ou ignées.	*Roches trachytiques.* Trachyte. Domite. Phonolite. Obsidienne. Ponce. Rétinite. Perlite. Téphrine.	*Roches basaltiques.* Dolérite. Mimosite. Amphigénite. Basalte. Basanite. Vake. Gallinace. Pumite. *Roches trappéennes.* Trapp.
	Plutoniques ou hydrothermales.	*Roches porphyriques.* Pyroméride. Argilophyre. Elvan. Porphyre. Minette. Argilolite. Leptynite. Pechstein. Petrosilex. Eurite. *Roches granitiques.* Kersanton. Hyalomicte. Pegmatite. Protogine. Syénite. Granite.	*Roches ophiolitiques.* Serpentine. Euphotide. Granitone. Eclogite. Hypérite. Variolite de la Durance. *Roches dioritiques.* Spilite. Diorite orbiculaire. Porphyre vert. Melaphyre. Amphibolite. Aphanite. Lherzolite. Ophite. Sélagite. Diorite.

— Dans ses éléments d'histoire naturelle, M. Omboni (1) cherche à classer les roches en sept groupes, suivant leur origine, chimique, mécanique, chimique et mécanique ou mixte, et organique.

1° *Roches ésogènes terrestres.* Comprenant les accumulations de débris gisant aux pieds des montagnes, d'*origine détritique ou météorique*; les stalactites, les stalagmites, les amas de sel gemme, de gypse et autres *dépôts d'eaux minérales.* Les sables des dunes accumulés par *le vent.* Les boues de glaciers, les moraines et autres matériaux transportés par les glaciers. Le guano *d'origine organique.*

2° *Roches sédimentaires fluviatiles* avec une stratification régu-

(1) Giovani Omboni. *Nuovi elementi di Storia naturale, proposti per l'istruzione superiore. Geologia.* Milan, in-8, 1869. — (Extrait par M. E. Collomb.)

lière ou irrégulière, contenant des fossiles terrestres ou d'eau douce; elles comprennent les sables, graviers, cailloux, boues, argiles sableuses, argiles solidifiées, les conglomérats cimentés par les matériaux précédents.

3° *Roches sédimentaires lacustres ou marines*, contenant des fossiles d'eau douce, ou marins, ou bien un mélange des deux. Elles comprennent les groupes suivants : calcaires, dolomies, sel gemme, gypse et autres roches d'*origine chimique*. Les argiles, sables, graviers, conglomérats cimentés avec d'autres débris, *d'origine mécanique*, *chimique*, *ou mixte*. Les calcaires marneux, argileux, siliceux, la marne et le limon *d'origine mixte*. Calcaires lumachelles et madréporiques, tripoli et autres dépôts *d'origine organique animale*. Tourbe, lignite et divers combustibles fossiles *d'origine organique végétale*.

4° *Roches sédimentaires volcaniques;* les tufs volcaniques, pouvant contenir des fossiles terrestres, d'eau douce ou marins.

5° *Roches volcaniques;* les laves actuelles et anciennes, les cendres volcaniques, les trachytes, les basaltes et les autres roches de même origine.

6° *Roches plutoniques ou d'origine hydro-thermale;* le granite, le gneiss, la diorite, la syénite et toutes les autres roches ayant de l'affinité avec ces dernières. Le groupe comprend aussi les micaschistes, les schistes cristallins ainsi que les schistes analogues.

7° *Roches métamorphiques;* quelques gypses et anhydrites, quelques jaspes, certaines dolomies, les porcellanites, les thermantides, certains micaschistes et autres schistes similaires, probablement aussi la serpentine et les schistes talqueux.

ROCHES.

Nous allons décrire maintenant les différentes espèces de roches en appelant plus particulièrement l'attention sur celles dont la composition chimique a été déterminée.

Roches carbonées.

ALBANIE. — ILE DE ZANTE. — M. Coquand (1) a fait connaître les gîtes bituminifères et pétrolifères de Sélénitza dans l'Albanie et de

(1) *Bull. Soc. géol.*, XXV, 20.

Chiéri dans l'île de Zante. Ces gisements sont intercalés dans les couches du terrain pliocène subapennin, au milieu d'argiles où ils forment des amas; et l'allure de ces dépôts justifie pleinement, aux yeux de l'auteur, les conclusions sur l'origine du pétrole qu'il a tirées de ses précédentes études sur les gîtes pétrolifères des Carpathes (1).

Le bitume se présente sous deux états : celui de malthe ou bitume solide et celui de pissasphalte ou bitume glutineux, tous deux contemporains des terrains encaissants. Le pissasphalte, qui conserve encore l'huile de naphte à laquelle il doit sa fluidité, est susceptible de produire spontanément du gaz inflammable et par conséquent de donner naissance à des volcans d'air et à des volcans ardents.

A Chiéri le pétrole apparaît dans une plaine très-marécageuse, où les bulles de gaz, en venant crever à la surface de l'eau, amènent au jour une certaine quantité d'huile. Un sondage, poussé au-dessous des marais jusqu'à 150 mètres, n'a rencontré qu'une seule nappe pétrolifère, enclavée dans l'argile pliocène et dont le rendement s'est rapidement appauvri. On conçoit d'ailleurs que le dégagement de gaz qui se fait spontanément, depuis des siècles, dans cette localité, ait dû faire perdre à l'huile minérale la plupart de ses principes légers en l'amenant peu à peu à l'état de bitume glutineux.

En résumé, M. Coquand (2) pense que les recherches de pétrole en Europe, quand elles sont dirigées vers l'exploitation de sources ou de puits, présentent un caractère très-aléatoire et qu'il vaut mieux distiller des pierres imprégnées de pétrole, comme le calcaire asphaltique de Raguza, en Sicile ; cette roche, appartenant au miocène marin, est surbordonnée à la molasse avec clypeaster altus ; elle fournit 11 p. 100 d'huile à la distillation.

Tourbe.

En essayant par la litharge la tourbe de Creme (Lombardie) M. Ottavio Ferrero (3) a constaté qu'elle perd de son pouvoir calorifique par la compression; car à la partie supérieure de ce gîte elle donne 3.549 calories, tandis qu'elle n'en a que 3.005 à la base et seulement 2.450 quand elle a été comprimée.

(1) *Revue de géologie*, VII.
(2) *Bull. Soc. géol.*, XXV, 420.
(3) *Saggi di combustibili e minerali Lombardi.*

Lignite.

ITALIE SEPTENTRIONALE. — M. Ottavio Ferrero (1) a également essayé divers combustibles de l'Italie septentrionale. Les combustibles minéraux exploités dans cette région sont les lignites tertiaires. En employant la méthode de Berthier, M. Ferrero a reconnu que le lignite de Valdagno; près Vicense, peut atteindre un pouvoir calorifique de 5.385. Le pouvoir calorifique du lignite de Nuceto, en Piémont, varie d'ailleurs entre 4.368 et 4.236.

MANILLE. — Nous avons déjà eu l'occasion de parler du charbon de Cebu, dans l'île de Manille appartenant à l'Espagne. D. José Centeno (2), ingénieur en résidence dans cette île, a reconnu par des expériences comparatives que ce charbon valait les 5/6 du charbon anglais de Cardiff; d'un autre côté, son prix est de 5 piastres la tonne au lieu de 15. Plusieurs voyages effectués par des vapeurs du commerce ont confirmé cette proportion de 5/6.

Des essais chimiques de ce charbon ont aussi été faits dans le laboratoire de l'École des Mines de Madrid. Il brûle avec une flamme rougeâtre, produisant beaucoup de fumée. La calcination en vase clos ne donne pas de coke, mais un charbon gris d'acier. Les cendres sont ferrugineuses et contiennent de l'acide sulfurique. Son pouvoir calorifique est de 6.016 calories, desquelles 1.927 correspondent aux matières volatiles. L'analyse a donné

Carbone	51,2
Cendres	4,1
Matières volatiles	44,7
	100,0

ÉTATS-UNIS. — Dans ses recherches sur la géologie des territoires Wyoming et Colorado, M. F. V. Hayden (3) signale une terre bitumineuse près de la jonction de Bitter Creek et de Green River. D'après une analyse qu'en a faite M. Carson, elle contient:

(1) Ottavio Ferrero. *Saggi di combustibili, calcari, cementi e minerali Lombardi*. Société italienne des sciences naturelles. — (Extrait par M. G. de Mortillet.)

(2) *Revista minera*, t. XVIII, n° 421, 15 décembre 1867, p. 814. — (Extrait par M. Ed. Collomb.)

(3) *American philosophical Society*, Philadelphie, t. XI, 48.

Carbone fixe.	Matières volatiles.	HO	SiO^2	SO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	CO^2	Somme.
3,73	22,25	2,90	18,58	3,88	8,14	2,19	14,11	7,11	17,40	100,29

Cette terre forme un dépôt dont l'épaisseur est généralement supérieure à 1 mètre, et dans lequel se distinguent de petites veines de schiste. On l'emploie comme combustible et elle brûle très-bien dans les fourneaux. Il est probable que son sulfate d'alumine provient de pyrites qui étaient ordinairement mélangées à la couche de combustible et qui ont attaqué le schiste en se décomposant.

Houille.

Comme les années précédentes, M. Amédée Burat a publié des documents sur la situation et sur la production des houillères de la France, de la Belgique, de l'Angleterre et de la Prusse.

Valenciennes. — Dans une description du bassin houiller de Valenciennes M. E. Dormoy (1) fait connaître le gisement de couches de houille qu'on rencontre dans les différentes concessions. Il donne en outre leurs épaisseurs ainsi que la proportion de coke et de cendres qu'elles fournissent.

Iles Loffoden. — Des couches de houille jurassique qui paraissent susceptibles d'être exploitées ont été signalées par M. Telef Dahl aux îles Loffoden.

Turquie. — On sait que le terrain houiller a été reconnu le long des côtes de la mer de Marmara et de la mer Noire et qu'il s'étend jusqu'à l'Archipel. D'après M. Caillaux (2) les houilles de ces gisements sont généralement composées de la manière suivante:

	MER NOIRE.	MARMARA.	ROUMÉLIE.
Matière gazeuse	31,80	52,00	48,00
Carbone	62,40	40,50	47,00
Cendres	5,80	7,50	5,00

(1) *Topographie souterraine du bassin houiller de Valenciennes.*
(2) *Bulletin de la Société de l'industrie minérale* (1868); p. 82.

Terres végétales.

On est généralement porté à exagérer la proportion des débris organiques, non décomposés, qui se trouvent dans les terres arables; il est facile de s'en convaincre en jetant les yeux sur le tableau suivant dans lequel M. Mazure (1) la fait connaître pour le sol ainsi que pour le sous-sol de différentes terres de Sologne :

		GROS DÉBRIS organiques dans 100 de terre.
1	Sol sableux	0,15
	Sous-sol sableux à $0^m,5$ de profondeur	0,08
2	Sol sableux un peu argileux	0,28
	Sous-sol glaiseux à $0^m,30$	traces
3	Terre noire de bruyère, sol sableux	8,80
	Sous-sol sableux à $0^m,40$	traces
4	Ancienne terre de bruyère, sol sableux	0,85
	Sous-sol à $0^m,35$	0,15
5	Bonne terre; sol sablo-argileux	2,95
	Sous-sol sablo-argileux à $0^m,25$	traces
6	Sol dit dans le pays jarreux, planté en sapins	0,65

Bien que, dans des circonstances exceptionnelles, la proportion des débris organiques puisse s'élever à plusieurs centièmes, M. Mazure pense qu'elle atteint rarement 1 pour 100.

GRIGNON. — M. P. P. Dehérain (2) a fait l'analyse de trois échantillons de terres, prises à différentes profondeurs et sur un même point, au voisinage du chemin de Chantepie, dans le domaine de l'École d'agriculture de Grignon :

I à la surface du sol.
II à 1 mètre de profondeur.
III à $1^m,6$ de profondeur.

(1) *Revue des sociétés savantes*, 1867, t. II, 334.
(2) *Journal de l'agriculture pratique*, t. I, 32ᵉ année, p. 503.

	I	II	III
Analyse physique.			
Sable	226,5	204,0	205,0
Argile	647,5	732,5	731,5
Carbonate de chaux	126,0	63,5	205,0
Analyse chimique.			
Carbone (des matières organiques)	16,170	15,150	15,100
Azote (des matières organiques)	2,040	1,060	1,090
Ammoniaque toute formée	0,306	0,167	0,157
Acide azotique évalué en azotate de potasse)	0,015	0,111	0,111
Acide phosphorique	0,250	0,160	0,170
Potasse	traces	traces	traces
Chaux	70,600	35.600	35,600
Magnésie	3,52	5,31	5,24

Cette terre étant prise dans la partie du domaine de Grignon qui est consacrée à des expériences agricoles, il est particulièrement intéressant de connaître sa composition.

SEINE.—M. Delesse a fait, avec le concours de M. Brivet et dans le laboratoire de M. Hervé Mangon à l'École des ponts et chaussées, une série d'essais sur les terres végétales des environs de Paris. Ces essais avaient pour but de déterminer à la fois la constitution physique et la composition de terres végétales prises dans des gisements variés. Pour l'essai physique, les terres étaient soumises à la lévigation et le résidu était classé par ordre de grosseur en le passant dans des tamis. Pour l'essai chimique les terres étaient traitées par l'eau de manière à extraire les substances solubles organiques ou minérales; on les attaquait aussi par l'acide chlorhydrique, puis, dans la liqueur, on dosait l'alumine avec le fer, la chaux et la magnésie. L'acide carbonique était déterminé séparément et par la méthode habituelle.

A. Terre végétale sableuse et graveleuse prise à Vincennes, à 1 kilomètre du château, en allant vers Saint Maur.

B. Terre végétale sableuse de Fontenay-aux-Roses, à 200 mètres du chemin du Plessis-Piquet.

C. Terre végétale sableuse et graveleuse de Créteil, aux basses Bordières, sur le terrain diluvien de la Marne.

D. Terre végétale argilo-sableuse prise à Châtillon, lieu dit le trou au Coq.

E. Terre végétale sablo-argileuse; de Villetaneuse près du rû de ce nom.

F. Terre végétale argileuse et graveleuse, sur le terrain diluvien qui recouvre lui-même les sables moyens; à Meudon, sur la route de Moulineaux.

G. Terre végétale très-graveleuse de Vanves, près le chemin de fer.

H. Terre végétale sableuse et graveleuse, se trouvant sur le terrain diluvien du bois de Boulogne, près Passy et vers le château de la Muette.

I. Terre végétale marno-sableuse ; sur le terrain d'alluvion de la Seine à Colombe.

K. Terre végétale marno-sableuse ; reposant sur les sables moyens, à Courbevoie.

L. Terre végétale argilo-marneuse, reposant sur les calcaires magnésiens blancs et pulvérulents qui sont supérieurs au calcaire grossier ; à Vitry, près la route de Choïsy.

M. Terre végétale marno-sableuse et graveleuse ; sur le terrain diluvien de Gennevilliers entre la digue d'Asnières et le moulin de Cage.

N. Terre végétale marno-sableuse, prise à la Chapelle.

O. Terre végétale marno-sableuse, prise sur le loess du plateau de Vitry et près du télégraphe.

P. Terre végétale marno-sableuse, à sous-sol de calcaire lacustre ; prise près du réservoir de Gentilly.

Q. Terre végétale marneuse, formée par les alluvions de la Seine entre le pont d'Ivry et le chemin de fer d'Orléans ; à Vitry.

I. — *Constitution physique.*

	ARGILE et substances délayées par l'eau.	SABLE fin.	SABLE grossier.	GRAVIER et gros fragments.	EAU, sels solubles et perte dans la lévigation.	SOMME.
A	17	59	13	11	»	100
B	17	71	1	9	2	100
C	17	56	12	10	5	100
D	38	57	2	»	3	100
E	24	70	3	2	1	100
F	52	26	6	13	3	100
G	21	38	9	27	5	100
H	24	45	14	10	7	100
I	32	55	7	1	5	100
K	25	55	12	7	1	100
L	63	18	8	3	8	100
M	36	43	9	7	5	100
N	33	48	10	6	3	100
O	48	36	4	4	8	100
P	36	48	6	7	3	100
Q	66	21	3	1	9	100

II. — *Composition chimique.*

	Argile et résidu inattaquable par l'acide.	Alumine et peroxyde de fer.	Chaux.	Magnésie.	Acide carbonique.	Eau hygrométrique dégagée à 104 degrés.	Eau combinée, matières non dosées et perte.	Somme.	SUBSTANCES solubles dans l'eau.		
									Matières organiques.	Sels alcalins.	Sels minéraux.
A	94,54	0,94	0,54	traces	0,50	0,25	3,23	100	0,030	traces	0,016
B	92,84	1,94	0,34	id.	traces	1,00	3,88	100	0,020	0,002	0,012
C	91,34	3,54	0,64	id.	2,25	1,50	0,73	100	0,032	»	0,015
D	88,94	4,04	1,54	id.	3,00	1,00	1,43	100	0,027	»	0,011
E	88,86	2,44	2,24	id.	1,00	1,75	3,71	100	0,022	0,013	0,021
F	87,91	3,94	1,34	id.	0,50	1,75	4,53	100	0,032	0,036	0,020
G	86,84	2,84	3,54	id.	1,75	1,25	3,78	100	»	»	»
H	79,44	2,24	8,34	id.	5,00	1,00	3,98	100	0,035	0,003	0,022
I	75,14	3,98	8,74	0,22	5,00	1,75	5,17	100	non déterminé		
K	74,34	5,94	7,63	0,28	7,00	1,75	3,01	100	0,072	0,024	0,048
L	74,30	5,46	7,48	0,30	4,75	2,50	5,21	100	0,047	0,004	0,028
M	72,74	6,02	7,54	0,24	5,75	1,25	6,46	100	0,032	traces	0,022
N	72,14	5,98	6,14	1,16	4,00	5,50	5,08	100	0,021	0,009	0,025
O	68,94	7,18	9,30	0,16	5,50	2,25	6,67	100	0,067	0,026	0,048
P	59,64	4,16	15,82	0,82	10,50	1,00	8,06	100	0,105	0,009	0,043
Q	55,54	8,72	14,80	0,58	11,00	1,75	7,61*	100	0,082	0,016	0,041

(*) Acide sulfurique.

REIMS. — Une terre végétale des environs de Reims a donné à M. Maridort (1).

CaO,CO^2	MgO,CO^2	Fe^2O^3	Sable.	Argile.	Matières organiques (Humus).	Eau.	Perte.	Somme.
59,6	0,5	1,3	21,9	6,1	3,4	7,1	0,1	100,0

La proportion d'azote est de 0,08 p. 100.

AUBE. — M. Meugy (2) a fait l'essai de différentes terres végétales provenant du département de l'Aube. Elles étaient soumises à la lévigation de manière à séparer les parties grossières (I) des parties fines (II); puis chacune de ces deux parties était examinée séparément.

(1) *Revue hebdomadaire de chimie*, 1869, n° 30, p. 353.

(2) *Résumé des opérations exécutées au laboratoire de Troyes.* (Manuscrit envoyé par M. Meugy à M. le Ministre des Travaux Publics.)

A. Terre végétale à sous-sol argileux, laissant pour résidu de la lévigation un sable quartzeux; de Courteranges.

B. Terre végétale à sous-sol argileux; de Courteranges.

C. Terre végétale à sous-sol argileux, jaune avec un peu de glauconie; de Saint-Germain.

D. Terre végétale à sous-sol crayeux et un peu glauconieux; de Saint-Germain.

E. Terre végétale à sous-sol marno-crayeux; de Saint-Parres-les-Tertres.

F. Terre végétale donnant un résidu formé de sable jaunâtre et de grains quartzeux avec galets calcaires et fragments de craie; du jardin de l'École normale, faubourg Saint-Jacques, à Troyes.

G. Terre végétale tourbeuse; de Saint-Germain, près de Troyes.

		A		B		C		D		E		F		G	
I	Résidu siliceux.	4,64		20,73		2,50		2,83		2,88		6,58		2,98	
	Carbonate de chaux	0,10		0,47		20,04		26,54		38,32		38,59		16,71	
	Matières organiques.	0,13		0,17		0,10		0,44		»		0,23		2,32	
			4,87		21,37		22,64		29,81		41,20		45,40		22,01
II	Argile et sable microscopique. . .	84,18		72,34		17,02		12,27		7,83		10,81		12,08	
	Carbonate de chaux.	1,91		1,57		57,30		55,46		47,16		39,30		53,05	
	Eau et matières organiques. . . .	9,04		4,72		3,04		2,46		3.81		4,49		12,86	
			95,13		78,63		77,36		70,19		58,80		54,60		77,99
	Somme.		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00

On voit d'après ces essais que, pour une même terre végétale, la proportion de carbonate de chaux contenue dans ses parties fines est différente de celle qu'il y a dans ses parties grossières.

En comparant la composition du sous-sol à celle de la terre végétale correspondante, M. Meugy a trouvé qu'il est généralement moins sableux. Ce résultat se conçoit d'ailleurs facilement, puisque la pluie et les eaux tendent sans cesse à délayer l'argile qui se trouve à la partie supérieure de la terre végétale.

A la suite des pluies, on remarque même souvent, dans les environs de Paris, que les terres végétales ont pris une couleur blanchâtre, laquelle est due à ce que le sable quartzeux s'est concentré sous forme d'une petite couche près de leur surface.

Dombes. — La terre végétale de l'École d'agriculture de la Saulsaie, dans la Dombes, a été analysée par M. Roussèle (1) :

Silice insoluble.	Silice soluble.	Alumine.	Oxyde de fer insoluble.	Oxyde de fer soluble.	Chaux.	Magnésie.	Potasse.	Acide carbonique.	Acide sulfurique.	Acide phosphorique.	Chlore.	Matière organique insoluble.	Matière organique soluble.	Somme.
88,99	0,16	3,08	2,81	1,18	0,26	0,15	0,10	0,66	0,16	0,06	tr. sens.	1,27	1,14	100,02

On voit que ce sol végétal de la Dombes est extrêmement riche en silice et qu'il peut contenir aussi une forte proportion de fer ; c'est un sol argilo-siliceux. Ce résultat est du reste conforme à ceux obtenus précédemment par M. Ch. Mène dans l'analyse des sols provenant de cette région naturelle et de différentes parties de la Bresse (2).

Murcie. — Le laboratoire de l'École des Mines de Madrid a fait l'analyse des trois classes de terres végétales de la province de Murcie. Les échantillons en ont été recueillis par M. de Botella (3) :

---

(1) Ch. Mène : *Revue hebdomadaire de chimie*, 1869. n° 35, p. 412.

(2) *Revue de géologie*, tome VII et Frère Ogerien : *Histoire naturelle du Jura.*

(3) *Description géologique et minéralogique de provinces de Murcie et d'Albacete*, 1 vol. grand in-folio, publié en espagnol, avec cartes, coupes et planches Madrid, 1808. (Extrait par M. Ed. Collomb.)

	Terres de 1re classe.	Terres de 2e classe.	Terres de 3e classe.
Sable et silice	9,60	2,98	1,49
Argile	34,16	42,98	44,65
Calcaire	25,20	23,32	22,83
Humus et eau	27,50	27,00	28,00
Alumine, acide phosphorique, acide sulfurique, magnésie, oxyde ferrique et ammoniaque	1,33	3.90	1,63
Perte	2,21	»	1,40
	100,00	100,18	100,00

Ces terres, qui sont fécondées par des irrigations, appartiennent à l'une des régions les plus fertiles de l'Espagne.

ROCHES DIVERSES.

Eaux.

Les limites de cette revue ne permettent pas de résumer les nombreuses recherches faites sur la composition chimique des eaux; mais on les trouvera dans les recueils périodiques de l'Allemagne et particulièrement dans le *Jahresbericht der Chemie*, qui jusqu'à présent les a données de la manière la plus complète.

Aube. — Des analyses comparatives de l'eau d'une source secrétant un tuf calcaire ainsi que de l'eau provenant de l'Aube ont été faites par M. Hervé-Mangon (1).

I. Source du grand tuf.
II. Rivière de l'Aube.

	Résidu argilo-siliceux insoluble dans les acides.	Alumine et traces de fer.	Chaux.	Magnésie.	Alcalis.	Chlore.	Acide sulfurique.	Acide carbonique et matières non dosées.	Eau combinée et matières organiques.	Poids total du résidu solide de l'évaporation de 1 litre d'eau.	Ammoniaque par litre.	Acide nitrique non hydraté par litre.	Gaz en dissolution ram[illegible] sous la pression barométrique de 0m.7[illegible]: Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.	Volume total des [illegible]
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	cc.	cc.	cc.	cc.
I	0,004	0,002	0,127	0,002	0,003	0,004	0,031	0,073	0,007	0,253	0,15	0,9C	24,9	4,5	14,5	43,[illegible]
II	0,005	0,010	0,085	0,006	0,006	0,006	0,027	0,054	0,010	0,209	0,13	1,33	21,0	5,9	14,1	41,[illegible]

(1) Ch. Mène : *Revue hebdomadaire de chimie*, n° 19, 1869, p. 227.

Eaux minérales.

BEAUPRÉAU. — Suivant M. Audouard (1), la source de Beaupréau sort des schistes métamorphiques et coule à fleur de terre au bas d'une chaussée de 5 mètres de hauteur qui sert de digue à un étang d'assez vaste étendue. Elle débite environ 3 litres par minute. L'eau est incolore, limpide, de saveur agréable, quoique très-ferrugineuse. Elle ne laisse dégager spontanément aucun gaz. Sa température est d'environ 18° centig.

D'après M. Audouard, sa composition rapportée à 1.000 gram. est la suivante pour de l'eau prise le 18 août 1868 :

Matières organiques	0,0058
Matières inorganiques	0,2175

Matières inorganiques.

Protoxyde de fer	0,0384
Chaux	0,0255
Magnésie	0,0206
Alumine	0,0022
Soude	0,0300
Acide silicique	0,0153
Acide sulfurique	0,0021
Acide carbonique	0,0436
Chlore	0,0318
Manganèse	traces.
Arsenic	traces.
Perte	0,0080
Total	0,2175

Sur son parcours, la source minérale de Beaupréau forme un dépôt ferrugineux qui est en même temps très-riche en silice, comme le montre son analyse :

Matières organiques	4,567
Peroxyde de fer	59,245
Alumine	2,283
Chaux	1,300
Magnésie	0,491
Acide silicique	41,110
Acide carbonique	traces.
Magnesie	traces.
Perte	0,004
Total	100,000

(1) *Journal de pharmacie*, t. IX, p. 336. (Extrait de M. Guyerdet.)

BAGNOLES. — M. Ossian Henry (1) a fait l'analyse de la source thermale de Bagnoles (Orne), dite Grande Source; c'est une eau chlorurée sodique, sulfurée et arsenicale, qui sort à la température de 26° centig. Son analyse montre qu'elle contient, par litre, à son point d'émergence :

Acide sulfurique, accompagné peut-être de monosulfure	0,0019
Chlorure de sodium	0,06.0
Sulfate de soude anhydre	0,0020
Arseniate de soude	traces.
Phosphate de chaux	0,0200
Fer et manganèse	0,0005
Bicarbonate de chaux et magnésie	0,0150
Silicate de chaux et de lithine	0,0030
Silicate de potasse et d'alumine	0,0270
Acides ulmique et crénique	0,0015
Somme	0,1309

Les sources ferrugineuses de Bagnoles sont froides et leur température ne dépasse pas 13° centig. A part le composé ferreux qu'elles renferment, elles sont de même nature que la source thermale. Le fer et le manganèse s'y trouvent à l'état de crénates, et elles contiennent aussi des traces d'arsenic.

La proportion de fer dans l'eau de la source du Jardin est à peu près double de celle trouvée dans la source des Dames.

ILE CANARIE. — M. Méhu (2) a analysé les sources de Santa-Catalina et de Guadalupe (grande île Canarie).

— La source Santa-Catalina se trouve à 5 mètres au-dessous du sol et seulement à une distance de 85 mètres de la mer, qui, du reste, n'exerce sur elle aucune influence. Sa température est de 26° centig. Un litre de cette eau renferme :

	gr.	
Chlorure de sodium	6,00	Poids des sels anhydres 8gr,78 par litre d'eau.
Chlorure de potassium	0,11	
Chlorure de calcium	0,28	
Bicarbonate de chaux	0,15	
Bicarbonate de magnesie	1,16	
Sulfate de magnésie	0,88	
Silice	0,11	
Acide carbonique libre	1,01	
Eau	997,34	
Poids du litre	1.007,13	

(1) *Journal de Pharmacie*, t. IX, p. 461.
(2) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. X. 1869, p. 265.

Cette eau appartient au groupe des eaux chlorurées sodiques, riches en produits minéralisateurs.

— Les sources de Guadalupe sont, d'après M. Méhu, à 4 kilomètres de la mer, et à une altitude de 210 mètres.

Ces sources sont au nombre de trois, distantes de 25 mètres l'une de l'autre et placées presque en ligne droite, au fond d'un ravin très-étroit et très profond. Elles jaillissent à la surface du sol. Leur température est de 29° centig. Elles pétillent et sont chargées d'acide carbonique.

Un kilogramme d'eau de Guadalupe renferme :

	gr.	
Chlorure de sodium	0,12	Poids des sels anhydres 1gr,85 par kilogramme d'eau.
Bicarbonate de soude	0,80	
Bicarbonate de potasse	0,02	
Bicarbonate de chaux	0,42	
Bicarbonate de magnésie	0,26	
Sulfate de magnésie	0,11	
Silice	0,12	
Acide carbonique libre	1,06	
Eau	997,09	
Eau	1.000,00	

C'est une eau bicarbonatée sodique, renfermant beaucoup d'acide carbonique.

Sel gemme.

Stassfurt. — Dans le célèbre gisement de Stassfurt, l'on a constaté récemment que la sylvine (chlorure de potassium) se trouve au mur (Hangendes) du sel gemme. M. Hauchecorne (1) observe qu'elle se présente en cristaux cubiques qui tapissent des druses et atteignent 10 centimètres de côté. Le plus souvent elle est légèrement colorée en rouge par de l'oxyde de fer, tandis que cela n'a pas lieu pour le sel gemme qui lui est associé.

Fumaroles salines.

Etna. — A l'exemple de M. Charles Sainte-Claire Deville, M. Silvestri (2) s'est occupé de l'analyse des dépôts salins qui ont été formés par des fumaroles, au moment de la consolidation des laves rejetées par l'Etna, lors de l'éruption de 1865 :

(1) *Zeitschrift d. d. geolog. Gesellschaft*, XX, 659.
(2) J. Roth : *Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft*, 1869, p. 232.

	NaCl	KCl	NaO, CO^2	NaO,SO^3	HO	Somme.
I	50,19	0,50	11,12	1,13	37,06	100,00
II	63,02	0,27	6,49	»	30,22	100,00
III	76,01	0,03	2,11	0,75	21,10	100,00

Des fumaroles qui se dégagèrent ensuite dans le voisinage du cratère, étaient acides et avaient une température d'environ 350°; elles contenaient, outre la vapeur d'eau, de l'acide chlorhydrique, de l'hydrogène sulfuré ainsi que des traces d'acide carbonique; elles ont déposé un sublimé jaunâtre, composé principalement de chlorhydrate d'ammoniaque avec du sulfate d'ammoniaque, du perchlorure de fer, du fer oligiste et du soufre.

Sur la lave, il se produisit postérieurement des fumaroles qui étaient alcalines et avaient une température de 215°; elles ne contenaient pas d'acide chlorhydrique, mais seulement de la vapeur d'eau, de l'acide sulfureux, de l'hydrogène sulfuré et des traces d'acide carbonique. Leurs dépôts consistaient surtout en chlorhydrate d'ammoniaque avec du carbonate et du sulfate d'ammoniaque.

Dans les endroits où la lave se refroidit rapidement, M. Silvestri indique, indépendamment des fumaroles précédentes, des fumaroles neutres qui sont à la température de 80° et qui contiennent simplement de la vapeur d'eau; elles représentent le dernier terme du phénomène.

Quant aux fumaroles légèrement acides ayant une température voisine de 80°, renfermant outre la vapeur d'eau, des traces d'acide chlorhydrique, d'acide sulfureux, d'hydrogène sulfuré, d'acide carbonique et déposant du soufre, elles s'observent seulement dans les cratères et au-dessus des déchirures du sol (1).

Phosphorite.

COMTÉ DE CAMBRIDGE. — Des nodules de phosphates ont été indiqués à Potton et à Upware par M. J.-F Walker (2). Ils sont accompagnés de brachiopodes ainsi que de débris de poissons et de reptiles, particulièrement d'iguanodon. Des bryozoaires et des serpules se sont modelés sur ces nodules, ce qui prouve qu'alors ils étaient déjà solides. M. Walter les considère comme un drift contemporain du lower greensand qui contiendrait des fossiles de cet âge mélangés avec d'autres.

(1) Voir aussi *Revue de géologie*, t. V, p. 31.
(2) *Report of the British association*, 1867, 73.

BAELEN. — M. Dethier (1) a fait la découverte d'un gîte important de phosphorite à Baelen, près Liége. Ce minéral y présente une couleur jaune, grise ou noir-grisâtre. Sa structure est celle d'un conglomérat et quelquefois de stalactites. Il repose sur le calcaire carbonifère et paraît remplacer les argiles qui forment ordinairement les salebandes des gîtes métallifères.

L'analyse d'un échantillon moyen a donné à M. J. Pattinson :

$3CaO,PO^5$	CaO,CO^2	MgO,CO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	SiO^2	$CaFl$	Matières organiques et eau.	Perte.	Somme.
70,00	5,06	2,10	2,50	6,86	8,60	traces	4,33	0,55	100,00

La phosphorite de Baelen ne contient pas moins de 70 p. 100 de phosphate de chaux, en sorte qu'elle peut être exploitée avec grand profit pour l'agriculture.

NASSAU. — Le gisement de la phosphorite du Nassau, sur lequel nous avons appelé l'attention précédemment (2), vient d'être étudié de nouveau par M. Davies (3).

Cette phosphorite se présente en rognons dans un dépôt argileux dont la puissance varie entre 15 et 30 mètres et qui ravine la dolomie dévonienne; les fossiles y font complétement défaut. La discordance marquée qui sépare ce dépôt des terrains sous-jacents empêche d'admettre qu'il date de la période dévonienne : du reste, suivant M. Davies, il n'aurait pas pu résister, depuis cette époque, à l'action destructive des agents atmosphériques. On doit regarder comme beaucoup plus probable que ce dépôt s'est formé à la fin de l'époque tertiaire, avant l'apparition des glaciers; il est d'ailleurs en concordance assez remarquable avec les gisements d'hématite du Nassau et paraît alterner avec eux.

SOUABE. — M. Gümbel (4) avait signalé précédemment l'existence de nodules de chaux phosphatée argileuse dans différentes couches jurassiques de l'Alb de la Souabe. Récemment il a reconnu

(1) Exposition universelle de 1867 : *Matériel et procédés des exploitations rurales et forestières*, par M. J. Leclerc, p. 335.
(2) *Revue de Géologie*, t. V, p. 62, et t. VII.
(3) *Geol. Mag.*, V, 262.
(4) *Revue de Géologie*, t. IV, p. 51. — *Neues Jahrbuch*, 1868, 109.

qu'ils existent dans tout le Jura de Franconie, ainsi que dans celui du Wurtemberg, de Bade, d'Allgau, en outre dans le Jura du Brunswick, du Weser, du bois de Teutoburg, et enfin dans le Jura de France et d'Angleterre. MM. de Schlagintweit ont même observé de ces nodules jusque dans les couches à ammonites macrocephalus de l'Himalaya.

L'analyse d'une phosphorite argileuse provenant d'Auerbach a été faite par M. Böttger :

P^2O^5	SO^3	Cl	Fl	CO^2	CaO	MgO	Fe^2O^3	FeO	Argile, silice et résidu insoluble.	Somme.
22,92	1,62	0,03	2,92	11,64	44,22	0,77	4,85	0,86	9,97	99,80

Cette phosphorite paraît être une apatite contenant du fluor (Fluorapatit), qui est mélangée d'argile, de carbonate de chaux, avec un peu de carbonate de fer et de magnésie. L'acide sulfurique obtenu dans l'analyse doit d'ailleurs être attribué à de la pyrite de fer qu'on y distingue facilement.

Lorsque ces nodules de phosphorite se trouveront près du sol et en quantité suffisante, l'on pourra songer à les exploiter pour l'agriculture; en tous cas, la présence du phosphate de chaux dans les couches du terrain jurassique est certainement l'une des causes qui contribuent le plus à leur fertilité habituelle.

KŒNIGSBERG. — M. R. Ludwig (1) mentionne encore au Kœnigsberg un spilite (Schalstein) de couleur jaune qui contient de la phosphorite ainsi que de l'ostéolite. Ces deux minéraux y forment des nids irréguliers qui s'exploitent avec avantage et atteignent sur certains points jusqu'à 5 mètres d'épaisseur.

Roches calcaires.

Calcaire nitrifiant.

Les calcaires imprégnés de matières organiques sont susceptibles de se nitrifier; mais, sous ce rapport, ils se comportent d'une manière très-inégale. Le développement des nitrates dans les cal-

(1) *Notizblatt des Vereins fur Erdkunde*, Darmstadt, 1868, 3e série, vol. VII, p. 158.

caires dépend du reste de leur état physique et aussi de leur composition chimique, particulièrement des matières organiques animales qui leur sont mélangées. Il est surtout favorisé par une texture poreuse, comme celle que présentent la plupart des calcaires du terrain crétacé.

En France, l'on a extrait le nitre du tufau de la Touraine et de certaines craies du bassin de Paris.

En Belgique l'on a constaté depuis quelques années qu'il existe dans la craie de Maestricht une couche désignée sous le nom de calcaire à polypiers ou mieux à bryozoaires, qui est éminement favorable à la formation des nitrates. Cette propriété a été d'abord signalée par M. Bortier (1) qui a fait connaître trois gisements dans lesquels le calcaire crétacé à bryozoaires peut être exploité avec grand profit pour l'agriculture; ils se trouvent à Ciply, à Folx-les-Caves et à Lanaye près de Maestricht. L'analyse de ce calcaire faite par M. Donny a fourni les résultats suivants:

CaO, CO^2	MgO, CO^2	$3CaO, P^2O^5$	Fe^2O^3, Al^2O^3	NaO	Somme.
96,00	1,46	1,10	1,44	traces	100,00

Il est regrettable que l'azote et les matières organiques n'aient pas été dosées dans ce calcaire.

L'expérience apprend d'ailleurs que mélangé avec du fumier, il donne plus de nitrate qu'on n'en obtient avec de la marne.

On voit aussi qu'il contient une proportion notable de phosphate de chaux qui ne contribue pas moins que les nitrates à augmenter la fertilité des terres sur lesquelles on le répand (2).

Calcaire lacustre pulvérulent.

Le long du chemin de fer de Paris à Tours par Vendôme, l'on observe soit en Beauce, soit aux environs de Tours des calcaires lacustres tertiaires, très-blancs, friables et tachant les doigts comme la craie, mais formés de grains cristallins microscopiques. Plusieurs échantillons de ces calcaires, recueillis par M. Delesse, ont été analysés par M. Durand-Claye au laboratoire de l'école des Ponts et Chaussées.

(1) Exposition universelle de 1867. — *Matériel et procédés des exploitations rurales et forestières*, par M. J. Leclere, p. 318.

(2) Delesse : *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.*

A. Calcaire pulvérulent de la station du Gault-Saint-Denis en Beauce. Il est exploité sur une grande échelle pour amender les terres.

B. Couche de $0^m,8$ se trouvant au-dessus du calcaire lacustre pierreux, à Pré-Saint-Évrault, en Beauce.

C. De Huisseau en Beauce.

D. Calcaire pulvirulent, blanchâtre, devenant jaune brunâtre en s'altérant et ayant une épaisseur de 4 mètres; il se trouve à la base de la tranchée de la Rebellerie, dans le chemin de fer de Tours à Mettray.

	A	B	C	D
Résidu insoluble dans les acides	5,10	1,30	1,10	1,10
Alumine et peroxyde de fer	0,30	0,35	0,35	0,40
Carbonate de chaux	93,48	97,05	98,12	95,53
Magnésie	»	»	»	»
Eau et produits non dosés	1,12	1,30	0,43	2,97
Somme	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces calcaires lacustres que l'on serait tenté de croire argileux, à cause de leur emploi comme marnes, ou magnésiens, à cause d'une certaine rudesse au toucher, ne laissent qu'un résidu très-faible dans l'acide et ne contiennent que des traces de magnésie; ils sont presque exclusivement formés de chaux carbonatée.

Craie.

Il est intéressant de comparer la composition chimique de la craie prise soit dans des gisements éloignés, soit à différents niveaux. C'est pourquoi, après avoir réuni dans de nombreuses excursions une collection de types classiques appartenant à la craie du bassin parisien, nous avons réclamé pour leur analyse le concours des laboratoires de l'École des Ponts et Chaussées et de l'École des Mines.

Paris. — Si l'on considère d'abord la craie des environs de Paris, M. Durand-Claye a fait l'essai des étages qui se trouvent à sa partie supérieure.

A. Craie jaune, pierreuse, traversée par des tubulures, prise dans la carrière Schacher à Meudon.

B. Craie blanche, friable, prise à 4 mètres au-dessous de la craie à tubulures dans la carrière précédente.

	Résidu insoluble.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
A	0,75	1,20	54,00	0,45	43,60	100,00
B	0,60	1,15	54,05	0,20	44,00	100,00

Ces deux couches de la craie supérieure des environs de Paris, bien que très-différentes en apparence, ont donc la même composition chimique et sont formées de carbonate de chaux à peu près pur. Le même résultat avait été obtenu précédemment pour la craie de Bougival (1).

D'un autre côté M. Moissenet a fait dans le laboratoire de l'École des Mines l'essai de plusieurs échantillons de craie provenant du puits artésien à grand diamètre que MM. Degousée et Laurent percent en ce moment sur la place Hébert à la Chapelle, pour la Ville de Paris.

PROFONDEUR à laquelle l'échantillon de la craie essayée se rencontre dans le sondage.	Résidu insoluble.	Silice soluble dans la potasse.
mètres.		
A Commencement de la craie dans le sondage à 137,00	2,10	traces
Craie rencontrée. . . . . de 197,00 à 200,00	1,00	id.
C — de 321,00 à 363,00	1,30	id.
D — de 413,00 à 438,25	0,70	id.
E — de 459,13 à 484,00	2,40	id.
F — de 484,00 à 487,00	8,20	0,50
G — de 487,00 à 487,40	17,20	1,10
H — de 487,40 à 502,00	5,00	0,60

Cette craie sous Paris laisse un résidu insoluble dans les acides qui est argileux ; il n'y en a d'ailleurs que très-peu jusqu'à la profondeur de 484 mètres. La magnésie reste toujours en très-petite proportion et pour aucun des échantillons elle n'atteint 1 pour 100.

OUEST DU BASSIN PARISIEN. — Deux échantillons de craie blanche pris par M. Delesse dans des puits du chemin de fer de Vendôme et au-dessous du calcaire lacustre de la Beauce ont aussi été analysés au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, par M. Durand-Claye.

A. Craie avec spondylus spinosus, prise près du kilomètre 101, sur le chemin de fer de Paris à Vendôme.

B. Craie jaunâtre, pierreuse, prise sur la commune de Moriers, près du kilomètre 105, sur le même chemin de fer.

(1) *Revue de Géologie*, VII : *Roches calcaires*.

Résidu insoluble.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO, CO^2	Eau et substances non dosées.	Somme.
0,50	0,30	98,12	1,08	100
4,55	0,35	93,94	1,16	100

Nord du bassin parisien. — Divers échantillons de craie provenant du département du Pas-de-Calais ont encore été analysés par M. Pagnoul (1) :

A. Craie blanche près de Sangatte, falaise de Blanc-Nez (étage sénonien).
B. Craie blanche de Caffiers, tranchée du chemin de fer. . (étage sénonien).
C. id. de Marquise. (id.)
D. id. d'Helfaut. (id.)
E. id. de Bruay. (id.)
F. id. à droite de la route d'Aix-Noulette à Bully. (id.)
G. id. id. de Thélus à Farbus. (id.)
H. Calcaire près d'Anzin à gauche de la route d'Arras à Saint-Éloi. (id.)
I. Calcaire de Wailly employé pour l'empierrement des routes. (id.)
J. Craie d'Etrepigny. (id.)
K. Calcaire connu sous le nom de craie d'Inchy. (id.)
L. Calcaire bleu du cap Blanc-Nez, au bas de la falaise (étage turonien).

	Densité	Résidu insoluble.	CaO, CO^2	MgO, CO^2	3CaO, P^2O^5	Alumine, oxyde de fer et substances non dosées.
A	»	1,2	95,9	0,6	0,3	2,0
B	2,561	1,1	96,9	traces	0,4	1,6
C	»	1,4	95,2	traces	0,2	3,2
D	»	1,6	94,7	traces	0,5	3,2
E	»	1,8	97,0	0,0	0,3	0,9
F	2,528	1,5	97,1	0,4	0,2	0,8
G	2,428	1,4	97,8	traces	0,3	0,5
H	2,457	1,1	96,2	0,4	2,0	0,3
I	2,633	1,4	96,5	0,0	0,3	1,8
J	2,145	2,0	94,2	0,1	0,9	2,8
K	2,608	1,3	96,0	traces	0,9	1,8
L	»	10,4	86,1	0 5	0,2	2,8

La craie de Paris et du bassin parisien est en définitive remarquablement pure et presque entièrement formée de carbonate de chaux. Qu'elle soit friable et pulvérulente ou bien pierreuse, sa composition reste à peu près la même. Elle contient très-peu de carbo-

(1) *Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais*, 1868, p. 12, 14.

nate de magnésie et aussi de phosphate de chaux ; c'est seulement vers sa base et dans la craie marneuse, comme celle de Blanc-Nez et du sondage de la Chapelle, qu'on obtient un résidu notable.

Ajoutons d'ailleurs que la craie du nord de l'Europe, jusqu'en Russie, donne à peu près les mêmes résultats, comme le montrent les essais que nous allons encore mentionner :

Prusse. — M. Remelé (1) a donné la composition de la craie blanche, avec foraminifères, qui se rencontre dans le sable diluvien de Motzen, à 40 kilomètres au sud de Berlin.

CaO, CO^2	MgO, CO^2	Fe^2O^3	Sable quartzeux.	Eau, matières organiques et perte.	Somme.
93,02	2,03	0,84	1,51	2,60	100,00

Près de Finkenwalde, M. Delbruck avait trouvé précédemment de gros blocs erratiques d'une craie blanche qui était bien caractérisée par l'ostrea vesicularis et par l'ananchytes ovatas.

Russie. — Enfin différentes couches appartenant au terrain crétacé supérieur du nord de la Russie ont été analysées par M. A. Engelhardt (2). Ces couches sont en commençant par le haut du terrain : *a* marnes argileuses de la craie ; *b* craie blanche ; *c* craie marno-sableuse ; au-dessous vient un grès remarquable à ciment de phosphate de chaux et dont il sera parlé plus loin.

Les essais ont montré que les marnes argileuses de la craie russe contiennent de 85 à 30 p. 100 d'argile micacée pour 1 à 65 p. 100 de carbonate de chaux.

La craie blanche donne un résidu argileux qui reste inférieur à 3 p. 100.

Quant à la craie marno-sableuse. elle passe peu à peu vers le bas à du sable crayeux et marneux, par suite d'une augmentation dans sa proportion de sable. Cette dernière est de 15 p. 100 dans la partie supérieure de l'étage, de 32 p. 100 dans la partie moyenne et de 55 p. 100 dans la partie inférieure. Avec le sable se montrent des grains d'apatite ayant depuis la grosseur d'une tête d'épingle jusqu'à celle d'une noisette et dont la couleur est

(1) *Zeitschrift d. d. geolg. Gesellschaft*, XX, 654.
(2) *Bulletin de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, 1867, 396.

noire, vert-foncée ou brune. Vers la partie inférieure, ils deviennent si abondants que l'on n'a plus qu'un mélange, faiblement cimenté, de sable quartzeux et de grains d'apatite avec de la craie.

Calcaire grossier.

MONTESSON, CARRIÈRES SAINT-DENIS. — Aux renseignements qui ont été donnés les années précédentes sur la composition du calcaire grossier parisien, nous ajouterons les essais de quelques échantillons qui ont été faits dans le Laboratoire de l'École des Mines.

A. Banc de roche, mesurant $0^m,55$ d'épaisseur; pris à la partie supérieure du calcaire grossier dans la carrière Sarazin à Montesson (Seine-et-Oise).

B. Couche friable ayant seulement $0^m,15$, située au-dessous du banc précédent et dans la même carrière.

C. Banc de liais de $0^m,70$; se trouvant à 13 mètres de profondeur, dans la carrière Sarazin, lieu dit les Pendants, commune de Carrières Saint-Denis.

	Argile et sable.	CaO	MgO	Fe^2O^3	Acide carbonique et perte au feu.	Somme.
A	5,6	52,0	traces	1,3	41,3	100
B	15,3	45,0	traces	2,0	37,0	100
C	5,6	52,0	traces	1,6	41,3	100

De même que la roche, le banc de liais contient seulement quelques centièmes de sable ou d'argile qui lui sont mélangés.

Oolite.

MARQUISE. — L'oolite jurassique appartenant à l'étage bathonien de Marquise dans le Pas-de-Calais, a été analysée par M. Pagnoul (1):

Densité.	Résidu insoluble.	CaO, CO^2	MgO, CO^2	Alumine, oxyde de fer et substances non dosées.	Somme.
2,662	1,2	95,5	0,7	2,6	100,00

(1) *Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais*, 1868.

Marbre.

Les marbres bruns du Boulonnais sont très-estimés et comme leur usage est très-répandu, il est bon de connaître leur composition ; ils appartiennent surtout au terrain carbonifère ; leur analyse a encore été faite par M. Pagnoul (1) :

A. Marbre stinkal de Ferques (étage dévonien). On donne ce nom aux calcaires qui ne sont guère susceptibles de recevoir le poli du marbre. Ce calcaire renferme beaucoup de fossiles.
B. Marbre Henriette près Élinghen (étage carbonifère).
C. Marbre rubané. id. id.
D. Marbre stinkal. id. id.
E. Marbre Napoléon près de Ferques. id.

	Densité.	Résidu insoluble.	CaO, CO^2	MgO, CO^2	$3CaO,P^2O^5$	Alumine, oxyde de fer et substances non dosées.	Somme.
A	2,650	3,3	94,0	0,8	traces	1,9	100
B	2,475	0,9	96,9	0,9	0,0	1,3	100
C	2,685	0,3	97,9	0,8	0,0	1,0	100
D	2.626	1,0	96,9	0,8	0,0	1,3	100
E	2,673	0,4	98,5	0,2	0,0	0,9	100

Ces marbres du Boulonnais sont denses, très-compactes et presque exclusivement formés de carbonate de chaux.

Calcaire bitumineux.

MER MORTE. — M. Louis Lartet (2) a observé sur les bords de la mer Morte un calcaire bitumineux qui est crétacé. Son analyse a été faite par M. Hitchcock :

CaO, CO^2	MgO, CO^2	Résidu terreux.	Bitume.	Somme.
68,73	0,27	6,00	25,00	100,00

La richesse en bitume de ce calcaire est assez grande pour qu'on puisse l'employer à entretenir les feux du campement et les Arabes le désignent sous le nom de Hajar-Musa (pierre de Moïse). Comme il est d'une belle couleur noire et à odeur aromatique, les chrétiens en font aussi des emblèmes de piété qui sont vendus aux pèlerins sous le nom de pierre de la mer Morte.

(1) *Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais*, 1868, p. 12.
(2) Louis Lartet : *Essai sur la géologie de la Palestine*, 1re partie, p. 172.

Vase fluvio-marine.

GIRONDE.—Les dépôts vaseux qui se forment à Bordeaux et dans l'estuaire de la Gironde ont été essayés au laboratoire de l'École des Mines de Paris (1).

I. Bordeaux.
II. Blaye.
III. Verdon.
IV. Royan.

	Résidu argilo-siliceux.	Alumine et peroxyde de fer.	Carbonate de chaux	Eau et matières organiques.	Azote.	SOMME.
I	81,10		4,13	14,77	»	100,00
II	73,27	7,77	8,52	10,44	»	100,00
	81,04					
III	68,17	10,57	6,38	14,60	0,28	100,00
	78,74					
IV	69,27	9,02	11,20	10,22	0,29	100,00
	78,29					

On voit que la proportion de carbonate de chaux va en augmentant de Bordeaux à l'embouchure de la Gironde : ce résultat peut d'ailleurs s'expliquer par le développement des falaises calcaires vers l'embouchure du fleuve et sur sa rive droite; car ces falaises sont rapidement corrodées par les eaux du fleuve.

Vase marine.

Des échantillons de vases marines se déposant dans le fond des mers actuelles ont été analysées par MM. Berchon, de Folin et Perrier (2) qui ont en outre cherché à déterminer les débris de coquilles qu'elles renferment et en ont donné une description

A. Marne sablonneuse, gris verdâtre, renfermant à peu près autant de sable que d'argile; du mouillage des paquebots à Rhodes.
B. Vase grisâtre avec algues encroutées et coquilles microscopiques ; de Mersina (Méditerranée).
C. Vase jaune brunâtre, avec foraminifères et tests broyés ; à 42 mètres de

(1) M. W. Manès : *Étude sur le port de Bordeaux*, 1869. p. 4 et 91.
(2) *Les fonds de la mer* ; étude sur les particularités nouvelles des régions sous-marines. — Voir relativement au même sujet : Delesse, *Lithologie du fond des mers* : Paris, librairie de M. E. Lacroix.

profondeur, par 1°,46′ latitude et 105°,20′ longitude, route de Billiton à Poulo-Condore.

D. Vase bistrée contenant un peu de sable quartzeux et des débris de coquilles; à 40 milles dans l'Ouest de Carimata, sur 65 mètres de fonds; route de Billiton à Poulo-Condore.

E. Vase avec foraminifères et turritelles; prise à 48 mètres de profondeur, par 1°,27′ latitude et 105°,50′ longitude; route de Billiton à Poulo-Condore.

F. Vase prise à 75 mètres de profondeur par 3° lat. N. et 102°,40′ long. E.

G. Vase de couleur foncée très-peu coquillère; prise à 87 mètres de profondeur, par 4°,02′ lat. N. et 102°,40′ long. E.

H. Vase gris-fauve ou bistrée, compacte à l'état sec et présentant une cassure nette; du fond de la baie de Samarang, sur la côte septentrionale de Java.

I. Vase de Pamalang, côte septentrionale de Java.

J. Vase de la pointe de Pamanoekan, côte septentrionale de Java, prise à 17 mètres de profondeur.

K. Vase bistrée parsemée d'éclats de schiste siliceux et de quelques foraminifères, chargée surtout de débris de coquilles et de polypiers pierreux; du fond de la rade de Colon-Aspinwall dans la mer des Antilles, près de l'Isthme de Panama.

L. Vase de couleur marron, sans liant, d'une grande friabilité et ténuité, propre à fourbir les objets métalliques délicats; par 6 mètres de profondeur dans la baie de Kingstown, à la Jamaïque.

M. Vase d'un gris-perle, peu liante étant humide, friable et ténue comme la précédente; à 15 mètres de profondeur; au Port-Royal à 8 kil. S. S.-O. de Kingstown, à la Jamaïque.

N. Dépôt formé de débris de coquilles mêlées à des écailles de poissons, des restes de cléodores, de bulles, de coecum, etc., ainsi que des fragments de littorines et de tellines; du fond de la Pointe-à-Pitre (Guadeloupe).

O. Poussière grise, de laquelle on a séparé des tests calcaires indéterminables; de la rade de Port-au-Prince à Haïti.

P. Dépôt contenant des foraminifères; du fond de la rade de Saint-Vincent du Cap-Vert.

	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Argile.	Argile, sable et résidu insoluble.	Sable quartzeux et résidu insoluble.	Sels solubles.	Eau.	Matières organiques.	Somme.
A	16,15	1,50 *	»	76,10	»	»	4,0	2,25	100,00
B	30,55	3,05 *	»	56,75	»	»	7,0	2,65	100,00
C	23,45	»	»	64,00	»	traces	7,5	5,05	100,00
D	7 **		»	80,00	»	»	13,0	traces	100,00
E	29,10	traces	»	59,75	»	»	11,15	traces	100,00
F	18,80	traces	»	73,45	»	»	6,0	1,75	100,00
G	28,46		»	66,00	»	»	5,0	0,54	100,00
H	17,25	»	»	64,69	»	3,00	15,06		100,00
I	13,00	»	»	64,50	»	2,90	19,60		100,00
J	8,19		»	74,50	»	»	14,55	2,76	100,00
K	27,00	»	59,45 (*)	»	»	0,30	13,25		100,00
L	11,00	»	81,40	»	»	0,25	7,35		100,00
M	43,90	1,50	48,10	»	»	0,30	6,30		100,00
N	75,60 (**)	8,10	»	12,00	»	0,30	1,50	2,50	100,00
O	86,00	1,30	»	»	8,10	»	0,94	3,66	100,00
P	85,30	»	»	»	9,80	»	3,20	1,70	100,00

* Avec sels divers.
** Avec chlorures et autres sels, etc.
(*) Avec rares fragments de schiste siliceux.
(**) Avec phosphate de chaux.

Les analyses de MM. Berchon, de Folin et Perrier sont intéressantes, car elles nous donnent la composition des dépôts du fond des mers actuelles sur lesquels bien peu de recherches ont été faites jusqu'à présent.

Toutes les vases examinées contiennent des chlorures et des sels solubles qui proviennent de l'eau de mer; la proportion de ces sels doit être d'autant plus grande qu'elles sont plus argileuses, puisque c'est l'argile qui jouit surtout de la propriété de les retenir.

Observons maintenant que des vases marines peuvent être très-riches en carbonate de chaux, non-seulement lorsqu'elles proviennent de la haute mer, mais même dans les rades et au voisinage des côtes. C'est particulièrement ce qui a lieu à la Guadeloupe, à la Jamaïque et près de Java, c'est-à-dire dans les archipels des Antilles et de la Sonde. D'un autre côté ces archipels sont remarquables par la grande quantité de polypiers qui s'y développent; comme M. Delesse (1) l'a montré pour les côtes de France, l'on

(1) *Revue de géologie*, V, 28.

voit donc que des côtes calcaires tendent à augmenter dans les dépôts marins la proportion du carbonate de chaux.

Du reste l'étude des dépôts marins montre que, sur les côtes, ils participent plus ou moins des roches émergées ou immergées qui les avoisinent et qu'ils sont en partie formés des débris résultant de leur destruction.

Calcaire argileux.

PAS-DE-CALAIS. — Des analyses précises faite dans le laboratoire de M. Henry Sainte-Claire Deville à l'École Normale ont donné la composition chimique du calcaire servant à la fabrication du ciment de Boulogne-sur-mer (1). Nous y joindrons d'après M. Pagnoul (2) les essais des principaux calcaires argileux du Pas-de-Calais, particulièrement de ceux qui servent à la fabrication de la chaux hydraulique et des ciments :

A. Calcaire argileux servant à la fabrication des ciments, au nord des falaises de Boulogne, avant le fort de Crèche (étage kimméridgien).
B. Calcaire argileux de la plage, destiné à la fabrication de la chaux hydraulique (étage kimméridgien).
C. Calcaire argileux de la plage, destiné à la fabrication du ciment romain (étage kimméridgien).
D. Galets de calcaire à ciment romain de Châtillon (étage kimméridgien).
E. Calcaire siliceux au sud de Boulogne, près du Portel (idem).
F. Calcaire argileux pour la fabrication du ciment Portland de Neuchâtel (étage turonien).
G. Incrustations renfermées dans le calcaire argileux de Bruay (étage turonien).
H. Calcaire argileux. Tête des calcaires bleus de Nœux (étage turonien).
I. Calcaire argileux d'Ablain-Saint-Nazaire (étage sénonien).

	Densité.	Résidu insoluble.	CaO, CO^2	MgO, CO^2	$3CaO, P^2O^5$	Alumine, fer et substances non dosées.	Somme.
A	2,405	28,8	63,6	1,9	0,8	4,9	100
B	2,668	13,3	80,4	1,5	0,2	4,6	100
C	2,579	26,5	67,8	1,5	0,2	4,0	100
D	2,627	29,0	61,0	0,4	»	9,6	100
E	2,720	24,9	70,4	traces	0,4	4,3	100
F	»	14,6	82,8	0,3	0,3	2,0	100
G	»	27,8	70,0	traces	0,2	2,0	100
H	»	19,6	75,5	»	0,5	4,4	100
I	2,550	13,5	82,9	0,7	0,5	2,4	100

(1) *Revue de Géologie*, IV, 53.
(2) *Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais*, 1868, p. 12, 14.

Marne.

CIEUTAT. — M. Maxwell-Lyte(1) a donné la composition d'une marne qui est employée en agriculture, à Cieutat, près Bagnères de Bigorre, dans les Pyrénées.

CaO	MgO	Fe^2O^3, Al^2O^3	P^2O^5	SiO^2 soluble	CO^2	Résidu insoluble dans les acides.	HO	Perte.	Somme.
27,92	0,23	3,14	traces notables.		21,97	44,58	1,74	0,51	100,00

On n'y a pas trouvé d'alcalis.

Calcaire magnésien.

CARRIÈRES SAINT-DENIS. — L'on désigne habituellement sous le nom de marnes blanches supérieures au calcaire grossier les couches qui recouvrent ce calcaire. Ces couches sont celles que les ouvriers appellent *caillasses*; le plus souvent elles sont blanches, friables, pulvérulentes et tachent les doigts. Elles contiennent d'ailleurs de la silice grenue et des rognons avec cristaux de quartz ou de chaux carbonatée. Comme nous l'avons déjà fait remarquer précédemment ce ne sont pas des marnes, mais bien des calcaires magnésiens (2). C'est du reste ce que démontrent encore deux analyses de ces couches faites au laboratoire de l'École des Mines. Les échantillons provenaient d'une exploitation de pierres à bâtir appartenant à M. Sarazin, qui est située, lieu dit les Pendants, à Carrières-Saint-Denis (Seine-et-Oise).

A. Couche de 1 mètre d'épaisseur, se trouvant à $7^m,3$ au-dessus du banc de liais.

B. Couche de $1^m,5$ se trouvant à 3 mètres au-dessus du banc de liais.

	CaO	MgO	Fe^2O^3	Acide carbonique et eau.	Argile et sable.	Somme.
A	32,6	15,6	1,0	44,5	5,6	99,3
B	33,0	16,6	1,0	45,6	3,6	99,8

(1) *Explorations pyrénéennes*, 1866, p. 72. — Société Ramond.
(2) *Revue de Géologie*, t. IV, p. 55; V, p. 66; VII.

Ainsi, les caillasses qui recouvrent le calcaire grossier du bassin de Paris sont des calcaires d'eau douce qui renferment de la magnésie et des rognons de silice; le calcaire grossier au contraire est essentiellement marin et ne renferme généralement pas de magnésie ou seulement des traces Comme ces deux roches présentent quelquefois des alternances et s'enchevêtrent l'une dans l'autre près de leur limite, elles n'ont pas toujours été distinguées par les géologues qui se sont occupés de l'étude du bassin de Paris; cependant elles diffèrent complétement par leurs caractères soit paléontologiques, soit physiques ou chimiques; et l'analyse seule suffirait à montrer qu'il convient de séparer sur les cartes géologiques du bassin de Paris le calcaire grossier des caillasses qui le recouvrent.

Dolomie.

BOULONNAIS. — Quelques dolomies des terrains paléozoïques du Boulonnais ont été essayées par M. Pagnoul (1).

A. Dolomie rosée, près du hameau les Noces, non loin de Ferques (Dévonien).
B. Dolomie grise dans la tranchée du chemin de fer, au Nord du Haut-Banc (Carbonifère).
C. Dolomie grise près Elinghen (Carbonifère).

	Densité.	Résidu insoluble.	CaO, CO^2	MgO, CO^2	Alumine, fer et substances non dosées.	Somme.
A	2,860	0,6	57,8	39,7	1,9	100
B	2,764	0,3	61,7	37,1	0,9	100
C	2,771	0,4	63,6	35,6	0,4	100

HAUT-RHIN. — La dolomie accompagne souvent le grès bigarré des Vosges; tantôt elle le cimente, tantôt elle y forme des couches. L'essai d'une dolomie jaune à structure terreuse, appartenant au grès bigarré de Westhalten, dans le Haut-Rhin, a donné à Koechlin-Schlumberger (2):

(1) *Étude sur les calcaires du Pas-de-Calais*, 1868, p. 12.
(2) Delbos et Koechlin-Schlumberger: *Description géolog. et minér. du Haut-Rhin;* I, 254.

Résidu insoluble en ClH.	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO, CO^2	MgO, CO^2	HO	Somme.
52,6	4,3	25,1	9,2	8,8	100,00

Calcaire magnésien saccharoïde.

Le calcaire saccharoïde de Degerö qui est enclavé dans le gneiss granitoïde de la Finlande, avait généralement été considéré comme dolomie; mais une analyse de M. Fr. Joh. Wick (1) montre que c'est simplement un calcaire magnésien.

CaO, CO^2	MgO, CO^2	Fe^2O^3, Al^2O^3	Résidu insoluble.	Somme.
78,47	4,66	0,62	15,93	99,68

Sa densité est 2,74. Les minéraux qu'il renferme sont surtout le feldspath, le quartz, le mica ainsi que des rognons d'un minéral ressemblant à la pyrallolite.

Roches siliceuses.

Tripoli.

Oberohe. — M. Jung (2) a décrit le gisement d'infusoires siliceux (tripoli) découvert, en 1836, à Oberohe dans les plaines d'alluvion qui forment les landes de Lunebourg. On y distingue deux étages et il est composé de silice spongieuse, blanchâtre, contenant 30 p. 100 d'eau. Desséchée, cette silice tombe en poussière fine, et voici quelle est sa composition :

	Eau.	Matières organiques.	SiO^2	CaO, CO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	Somme.
Étage supérieur.	8,431	2,279	87,859	0,750	0,731	0,132	100,182
Étage inférieur.	24,43		74,48	0,34	0,39	—	99,64

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 183.
(2) *Revue universelle*, 1868, p. 454.

Les tourbes des marais exploitées dans les environs contiennent fréquemment des têts siliceux de diatomées, et l'Elbe charrie un grand nombre de diatomées vivantes dont les espèces se retrouvent à la partie supérieure du gîte d'Oberohe.

Sable.

BAIE DE BAHIA. — M. L. Perrier (1) a fait l'essai de sables ferrugineux se déposant actuellement dans la baie de San Salvador de Bahia.

A. Sable gris. — B. Sable roux.

	CaO, CO^2	Quartz ferrugineux.	Eau et matières organiques.	Somme.
A	9,2	88,3	2,5	100,00
B	8,0	90,0	2,0	100,00

Alios.

On sait qu'on donne le nom d'*alios* à un grès de quelques décimètres d'épaisseur qui se rencontre au-dessous du sol et dans le sable des Landes de Gascogne.

Quelques analyses de ce grès ont été faites par MM. E. Jacquot (2) et Linder (3).

I. Alios peu consistant et de couleur noirâtre de Saint-Alban (E. Jacquot).
II. Alios très-friable et de couleur noire, près la station de Pierroton (E. Jacquot).
III. Alios très-consistant et de couleur jaune brunâtre, près de la station de Gazinet (Linder).
IV. Alios très-friable et d'un brun très-foncé, pris dans une excavation à 1 kilomètre de la station de Pierroton (Linder).

	Sable quartzeux.	Péroxyde de fer.	Matière organique.	Eau.	Somme.
I	93,8	1,8	3,1	1,3	100
II	91,7	1,6	4,1	2,6	100
III	81,4	15,0	1,1	2,5	100
IV	92,3	3,5	3,0	1,2	100

(1) Berchon, de Folin et Perrier. — *Les fonds de la mer*. Bordeaux.
(2) *Sur l'existence et la composition du terrain tertiaire supérieur dans la partie orientale du département de la Gironde.*
(3) *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XXVI, p. 393, 1868.

Il résulte de ces analyses que l'alios des Landes de Gascogne est bien un grès cimenté par une matière organique et aussi par de l'oxyde de fer. Sa teneur en oxyde de fer est très-inégale et paraît varier en sens inverse de la matière organique; du reste il paraît contenir toujours du fer oxydé magnétique.

L'examen minéralogique du sable qui forme l'alios de la Gascogne a montré qu'il se compose surtout de débris siliceux identiques à ceux observés par M. Charles des Moulins dans le terrain de transport de la Dordogne. On y distingue notamment du silex gris et noirâtre, brun ou blond, du silex zônaire, du quartz meulière, du quartz hyalin, du quartz rouge ou noir, un poudingue quartzeux à ciment ferrugineux. En outre, il y a des parties argileuses ou kaolinisées provenant de la décomposition de roches feldspathiques; et cette circonstance est assez importante à noter, parce que ces parties contribuent à introduire dans le sable des Landes la potasse qui est indispensable à la végétation. Suivant M. Linder, ces débris proviennent des terrains feldspathiques et cristallins, ainsi que des étages supérieurs de la craie et des calcaires lacustres tertiaires.

— Remarquons d'ailleurs que l'*alios* des Landes présente la même composition que l'*ahl* des plaines sableuses du Danemarck, analysé par Forchhammer (1); il est donc vraisemblable que ces deux grès se sont formés de la même manière, et par l'infiltration de sels organiques fournis par la décomposition des végétaux développés à la surface du sol.

— Maintenant l'alios se retrouve encore plus au nord, sur les rives de la Baltique, notamment près de Memel, vers la frontière de la Prusse et de la Russie.

Dans cette région on le désigne habituellement sous le nom de *Fuchserde* et quelquefois on l'appelle encore *Eisensand*, *Ziegelerde*, *Kraulis*, *Ortstein*. Suivant M. G. Berendt (2), il est intercalé dans le sable des landes de la Prusse qui appartient à l'alluvion ancienne. On le rencontre à 0m,3 ou à 0m,7 de profondeur, et son épaisseur varie de 0m,3 à 1 mètre au plus. Le professeur Werther a constaté qu'il ne contient pas plus de fer que le sable qui lui est associé. On y trouve seulement des traces de protoxyde de fer, et quant au sesquioxyde de fer, il y est à peine reconnaissable. L'analyse a montré que sa couleur brune ou noirâtre doit exclusivement être attribuée à une sorte d'humus insoluble qui est impropre à la nutrition des plantes.

(1) *Revue de Géologie*, IV, 202.
(2) *Geologie des Kurischen Haffes und Seiner Umgebung*. — Kœnigsberg, 1869.

En définitive, toutes les variétés d'*alios* de la France, du Danemark, de la Prusse, peuvent bien contenir du fer, mais seulement d'une manière accidentelle ; elles sont surtout colorées et cimentées par des matières organiques qui s'infiltrent dans le sable, et qui proviennent sans doute des végétaux croissant à la surface du *sol*.

Grès phosphaté.

Il existe dans le milieu de la Russie une roche très-bizarre désignée sous le nom de *ssamorod* (1); c'est un grès appartenant au terrain crétacé et dans lequel les grains de quartz sont réunis par un ciment de phosphate de chaux; M. le professeur Naumann l'appelle *apatitsandstein*. Sa couleur est noirâtre; il contient des ossements et des bois que le phosphate de chaux a pétrifiés comme ceux qui s'observent en France dans le même terrain. Les analyses de ce grès faites par M. Claus ainsi que par MM. A. Engelhardt (2) et Latschinow, font voir que sa composition est assez variable; toutefois son ciment renferme généralement 30 p. 100 d'acide phosphorique.

	SABLE.	ACIDE phosphorique.
Grès phosphaté de Kursk.	50	13,6
Idem.	57,1 à 53,70	13,20 à 14,25
Grès phosphaté de Brjansk.	48,25	15,40
Rognons dans le grès phosphaté de Ljubachna. .	9,15	28,65

D'après les recherches de MM. A. Engelhardt et Iermolow, ce grès remarquable ne se montre pas seulement dans quelques gisements isolés; mais il se retrouve dans tout le terrain crétacé du nord de la Russie, tel qu'il est limité sur la carte du général Helmersen; ainsi, il s'étend de la rivière Djesna jusqu'au Don et plus loin dans les gouvernements de Tambow et de Ssimbirsk jusqu'au Volga.

C'est un étage bien constant du terrain crétacé de la Russie; il est au-dessous de la craie blanche et au-dessus des sables glauconieux inférieurs. Partout il est représenté, sinon par des bancs de grès, au moins par des plaquettes ou par des nodules. Comme il se trouve dans une région qui manque de matériaux de construction,

(1) Guillemin : Explorations minéralogiques dans la Russie. — Naumann : *Lehrbuch der Geognosie* ; 1862, II, 977.
(2) *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg;* 1868, XII, 395.

on l'exploite sur une grande échelle pour bâtir et pour entretenir les routes; mais à cause de sa richesse en acide phosphorique, l'on conçoit qu'il serait bien préférable de l'employer en agriculture.

Grès argileux.

HAUT-RHIN. — On exploite à Jungholtz, dans le Haut-Rhin, un grès bigarré, très-argileux, qui est employé pour fabriquer des poteries. Il est en effet très-friable et fait même pâte avec l'eau. Son argile se fond en partie au chalumeau. Un essai de ce grès a donné à Koechlin-Schlumberger (1):

SiO^2	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	Alcalis (diff.)	HO	Somme.
68,24	21,20	1,03	1,38	4,05	4,10	100.00

On voit que ce grès bigarré contient quelques centièmes d'alcalis fournis sans doute par l'argilite qui en forme la pâte.

Roches argileuses.

Allophane.

M. le professeur Morris (1) a observé que la craie de Charlton dans le Kent est traversée par des veines d'une argile jaune pâle et quelquefois brun-rougeâtre, qui est translucide et cassante. Sa densité est à peu près 2. Son analyse a été faite par M. Dick dans le laboratoire du professeur Percy :

SiO^2	Al^2O^3	HO	CaO, CO^2	Somme.
18,89	33,52	42,73	4,32	99,46

Cette argile est une allophane dont la composition se rapproche de celle analysée par Berthier et qui s'observe dans la craie de Beauvais.

Le gisement de l'allophane est le même à Charlton et à Beauvais. On la trouve, en effet, dans des fissures de la craie qui est recouverte par des sables tertiaires argileux; et M. Morris pense qu'elle

(1) *Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin*, par MM. J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger, 1866, p. 252.
(2) *Quarterly journal of the geol. Society*; février 1857.

provient du silicate d'alumine fourni par les sables tertiaires et qui, dissous en petite quantité dans de l'eau chargée d'acide carbonique, a ensuite été déposé dans les fissures par infiltration.

Argile.

SUÈDE. — Les terres basses et marécageuses qui bordent la Baltique présentent une argile noire, postérieure à l'époque glaciaire et contenant des coquilles marines vivant encore maintenant dans cette mer, notamment : mytilus edulis, cardium edule, tellina baltica. Comme l'observe Erdmann (1), cette argile est un dépôt marin littoral, formé par une mer qui devait offrir les mêmes caractères que la Baltique actuelle, mais était cependant plus étendue vers l'ouest. Elle constitue d'ailleurs la terre végétale dans une partie de la Suède, souvent jusqu'à plusieurs myriamètres des côtes, et jusqu'à une altitude de 80 mètres. Erdmann y a dosé avec soin l'acide phosphorique qui peut s'élever à 0,3 p. 100; il a trouvé qu'elle contient aussi jusqu'à 1,5 p. 100 d'acide sulfurique provenant du sulfure de fer.

Argile marneuse.

WORCESTER. — Deux variétés des marnes argileuses du Keuper provenant d'une même couche et prises par M. G. Maw (2) à la station de Worcester ont été analysées par M. le docteur Voelcker.

I est une marne rouge, tandis que II est une marne grise et forme des bigarrures dans la première.

	HO	FeO	Fe^2O^3	FeS^2	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	SO^3	CO^2 et perte.	Matières insolubles dans ClH	Somme.
I	4,45	1,60	2,41	0.059	11,14	4,85	3,06	0,69	traces	0,09	3,311	68,34	100,00
II	3,71	1,77	0,80	0,029	12,77	3,71	2,17	0,71	0,02	0,08	4,741	69,49	100,00

Comparant ces deux analyses, on voit qu'il y a un peu plus de protoxyde de fer et moins de sesquioxyde de fer dans la marne grise que dans celle qui est rouge. Comme l'a fait remarquer de la Bèche, il paraît probable que le sesquioxyde a été réduit en protoxyde presque sans perte de fer.

(1) *Exposé des formations quaternaires de la Suède*, 1868, p. 91.
(2) *The Quarterly journal*, 1868, vol. XXIV, p. 370.

Euville. — Des recherches ont encore été faites par les mêmes auteurs sur les marnes irisées d'Euville, près de Lunéville (1).

I. Marne rouge. | II. Marne grise.

	HO	FeS^2	FeO	Fe^2O^3	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	CO^2 et perte	Silicates insolubles.	Somme.
I	4,24	0,05	0,82	4,93	10,16	10,59	8,96	0,76	0,12	15,86	43,51	100,00
II	3,97	0,057	0,61	1,90	13,22	19,38	7,60	0,13	0,02	22,763	30,34	100,00

Ces analyses montrent que la marne grise contient moins de protoxyde et de sesquioxyde de fer que la marne rouge; elle a, au contraire, plus de carbonate de chaux. En examinant le gisement des marnes irisées d'Euville, l'on constate que la marne grise est recouverte par une couche de calcaire magnésien au-dessous de laquelle la marne grise devient d'abord bigarrée et passe ensuite à la couleur rouge. M. Maw attribue cette décoloration de la marne rouge à une infiltration de chaux provenant du calcaire magnésien qui se trouve par dessus.

Constatons d'ailleurs que les marnes irisées d'Angleterre et de France contiennent des proportions notables de potasse et de soude; il y en a d'abord dans la partie attaquable par l'acide chlorhydrique, et il doit en rester encore dans le résidu insoluble.

Environs de Paris. — Au-dessous du banc de roche dans l'étage du calcaire grossier, et au niveau de ce que les carriers nomment le banc vert, l'on trouve des couches minces et assez irrégulières d'une argile marneuse présentant quelquefois une belle couleur verte. Cette argile marneuse s'observe très-bien à Saint-Cloud, à Passy, à Nanterre et à Vaugirard. Il nous a paru qu'il était intéressant de connaître sa composition, et nous donnons ici les résultats obtenus par Rivot pour deux échantillons remis par M. Delesse au laboratoire de l'École des mines.

A. Argile marneuse, plastique, d'une très-belle couleur verte, formant au niveau du banc vert une couche qui est au plus de 2 décimètres; prise dans les anciennes carrières exploitées sous le parc impérial de Saint-Cloud.

B. Argile marneuse, feuilletée; prise au-dessous du banc de roche dans la carrière Mafrand à Châtillon, près le fort de Vanves. Elle contient quelques traces de sulfate de chaux.

(1) *The Quarterly journal*, 1868, vol. XXIV, p. 384, 385.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	Perte au feu.	Somme.
A	63,66	10,33	7,00	2,00	3,00	14,00	99,99
B	50,00	13,00	5,00	7,00	2,44	22,33	99,77

L'argile marneuse intercalée au niveau du banc vert, dans la partie supérieure du calcaire grossier, se laisse attaquer facilement par l'acide chlorhydrique. C'est une argile alumineuse qui est ferrifère et magnésienne. Par sa composition, elle participe donc déjà des argiles qui jouent un rôle plus important dans les étages recouvrant le calcaire grossier; elle se rapproche notamment des glaises vertes ainsi que des argiles magnésiennes feuilletées qui deviennent si fréquentes, soit dans le calcaire lacustre, soit dans tout l'étage du gypse.

Weitzdorf. — M. Ritthausen (1) a fait l'analyse d'une argile marneuse de Weitzdorf (Prusse orientale) qui se distingue par la présence d'une quantité dosable de lithine.

Sable quartzeux.	Argile.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	LiO	CO^2	Somme.
18,80	38,02	8,10	3,20	5,60	10,41	2,48	2,10	0,17	0,092	8,30	97,272

Latérite.

Le docteur Fr. Buchanan a donné, en 1807, le nom de latérite à une roche argileuse qu'il avait observée sur la côte occidentale de l'Inde et Sir Charles Lyell a conservé cette espèce dans son manuel de géologie (2).

Récemment M. R. Bruce Foote (3), géologue du *Geological Survey*, a étudié la latérite des districts de Madras et North-Arcot. La roche type est un dépôt d'argile ferrugineuse, plus ou moins sableuse, qui contient souvent des nids de lithomarge ou d'argile blanche, jaune et mouchetée. Près de Madras, elle renferme en outre de nombreux cailloux de quartzite ainsi que du quartz et du gneiss, en sorte qu'elle passe à un véritable conglomérat. Sur de grandes étendues, elle se transforme aussi en gravier grossier ou

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 361.
(2) Lyell : *Manuel de géologie élémentaire*, t. II, p. 239.
(3) *The Quarterly Journal*, 1868, vol. XXIV, p. 486.

en sable graveleux contenant, outre le quartzite, des nodules d'hématite.

Le quartzite provient des montagnes Naggery; il provient aussi des conglomérats jurassiques formant les collines Alicoor et Sattavedu.

M. R. Bruce Foote signale de plus dans la latérite des quartzites qui ont visiblement été façonnés par la main de l'homme et ressemblent d'une manière remarquable aux pierres taillées du terrain diluvien de l'Europe.

La latérite forme d'ailleurs des nappes qui s'étendent sur les terrains plus anciens et qui recouvrent notamment de très-vastes étendues de gneiss et de terrain jurassique. Comme elle se retrouve le long de la côte, M. Bruce Foote la considère comme un dépôt marin qui aurait été émergé postérieurement et, en partie dénudé, à la suite d'une élévation de la presqu'île de l'Inde atteignant 200 mètres; mais Sir Roderick Impey Murchison fait observer avec raison que c'est bien peu probable, puisqu'elle ne contient pas de fossiles marins.

Schiste ardoisier.

La composition chimique de l'ardoise des Ardennes est connue depuis longtemps par les recherches de M. Sauvage; M. Ch. Mène (1) a fait récemment l'analyse d'une série d'ardoises provenant des environs d'Angers et du bassin d'Haybes dans les Ardennes.

A. Carrière de la Poëze.
B. Candé.
C. Veine du Sud.
D. Carrière de l'Espérance.
E. Trelazé.
F. Carrière de la Pierre-Noire.
G. Deuxième veine du Sud.
H. Veine du Nord.
I. Schistes rouges de Dénée.
K. Schistes noirs de Dénée.
L. Sainte-Barbe (noire).
M. Lille (rouges).
N. Liémery (rouges).
O. Charmois (rouge).
P. Saint-Lambert (rouge).
Q. (Gros lit), Saint-Lambert.
R. Taches verdâtres.
S. Saint-Lambert.

(1) Charles Mène: *Revue hebdomadaire de chimie*, 1868, p. 83 et 95.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	Alcalis, perte.	HO	Somme.
				Angers.				
A	2,855	57,0	35,8	»	2,8	0,4	5.0	101,0
B	2,832	57,0	35,5	traces	3,0	»	5,0	100,5
C	2,877	57.0	35,0	»	3,0	»	5,0	100,0
D	2,857	57,5	35,5	traces	2,5	»	4,5	100,0
E	2,855	57,0	35,5	»	3,1	»	4,8	100,4
F	2,858	57,0	35,5	traces	3,0	»	5,0	100,5
G	2,856	57,2	35,0	»	2,8	»	5,0	100,0
H	2,841	56,8	35,8	»	3,0	traces	5,0	100,1
I	2,716	56,5	35.5	3,8	»	traces	4,5	100,3
K	2,842	57,0	35,0	»	3,0	»	5,0	100,0
				Ardennes.				
L	2,777	57,6	31,5	traces	3,8	1,5	5,6	100,0
M	2,729	59,8	30,8	4,2	»	0,2	5,0	100,0
N	2,773	60,3	30,9	4,0	»	0,3	4,5	100,0
O	2,788	60,8	30,5	4,0	»	0,5	4.2	100,0
P	2,730	61,0	30,0	3,8	»	0,5	4,6	999,9
Q	2,734	63,5	25,6	1,8	0,5	1,6	7,0	100,0
R	2,679	65.0	26,0	1,2	1,5	0,8	5,5	100,0
S	2,673	90,8	5,0	0,5	0,6	0,1	3,0	100,0

La comparaison des essais faits par M. Charles Mène sur ces ardoises montre qu'à Angers leur densité est un peu plus grande que dans les Ardennes. En outre, leur silice diffère peu de 57 à Angers, tandis que dans les Ardennes elle varie habituellement de 57 à 65 p. 100. Leur alumine, qui est de 35 p. 100 à Angers, diminue jusqu'à près de 25 p. 100 dans les Ardennes. La proportion d'alcalis paraît être généralement un peu plus grande dans les Ardennes. Si les alcalis avaient été dosés directement et non pas seulement par différence, il est vraisemblable d'ailleurs qu'on en aurait obtenu d'avantage.

Observons encore que le schiste de Saint-Lambert (S) se distingue par une richesse en silice exceptionnelle et qu'il n'appartient pas au schiste ardoisier proprement dit, mais bien au schiste siliceux; comme le remarque, en effet, M. G. Bischof (1), la teneur en silice de l'ardoise reste comprise entre 46 et 78 p. 100.

Bref, les ardoises d'Angers, qui ont moins de dureté et aussi moins de durée que celles des Ardennes, présentent généralement une densité plus grande que ces dernières et une moindre teneur en silice. Elles sont surtout très-pauvres en alcalis, et au contraire riches en alumines, en sorte qu'elles se rapprochent des argiles. Ajoutons qu'elles sont moins cristallines que les ardoises des Ardennes et qu'elles paraissent avoir été soumises à un métamorphisme moins énergique.

(1) *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, t. III, p. 108.

Roches silicatées non feldspathiques.

Glauconie.

La glauconie de l'étage cénomanien du Havre a été analysée par M. K. Haushofer (1).

SiO^2	Fe^2O^3	Al^2O^3	FeO	KO	CaO, CO^2	MgO, CO^2	HO	Somme.
50,62	21,03	3,80	6,03	7,14	0,54	0,57	9,14	98,87

Péridotite.

La variété de grenat connue sous le nom de pyrope a été observée par M. F. Sandberger (2) dans les fragments de péridotite qui sont enclavés dans le basalte du Habichtwald.

Schillérite (3).

Suivant M. Tschermak (4), le schillerfels de Reps en Transylvanie et, en général, toutes les roches désignées jusqu'ici sous les noms de *schillerfels* et de *serpentinfels* auraient pour élément principal le péridot olivine: le feldspath à base de chaux y est seulement subordonné; quant aux éléments variables, ils sont représentés par le diallage et la bronzite. Cette composition paraît à M. Tschermak susceptible d'être exprimée par le terme de *gabbro avec olivine*, qui semble assez peu convenable cependant, si l'on songe à la grande diversité des roches qui, en Italie et en Allemagne, ont déjà reçu le nom de gabbro.

En tout cas, M. Tschermak observe à ce sujet que le rôle du péridot dans les roches est beaucoup plus important qu'on ne le croyait autrefois; car ce minéral apparaît:

1° Comme élément accessoire dans le basalte, la dolérite, l'andésite, la porphyrite, le porphyre pyroxénique, le gabbro et l'éclogite;

2° Comme enclave en fragments dans le basalte et dans le porphyre pyroxénique;

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, 60. — *Erdmann und Werther Journ. f. pract. chemie*, 1867, CII, 36.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, 723.
(3) *Schillerite, schillerfels, serpentinfels*. Voir à ce sujet la *Revue de géologie*, t. V, p. 111 et 113.
(4) *Académie des sciences de Vienne*, LVI, 1, 22.

3° Comme amas intercalé dans les schistes talqueux et dans le calcaire grenu.

Serpentine.

REICHENSTEIN. — Une analyse de la serpentine noire de Reichenstein en Silésie a été faite par M. Ulex (1).

SiO^3	MgO	Al^2O^3	Fe^2O^3,FeO	Fer arsenical.	HO	Somme.
37,16	36,24	1,43	10,66	2,70	12,15	100,34

D'après MM. Wöhler et G. Rose, cette roche doit sa couleur noire à de l'oxyde magnétique qui y forme des veinules microscopiques; et pour reconnaître facilement cet oxyde, il suffit de chauffer la serpentine de Reichenstein dans un courant d'hydrogène qui réduit le fer à l'état métallique.

Roches feldspathiques plutoniques.

Pegmatite.

HELSINGFORS. — Le gneiss granitoïde des environs d'Helsingfors est traversé par des filons de pegmatite. D'après M. Fr. Joh. Wick (2), c'est dans cette pegmatite qu'on trouve du chrysoberyll, de la pyrargillite et d'autres minéraux accessoires qui ne se rencontrent pas dans les formations voisines.

Granite.

Le granite de Bayewka près Ekatherinbourg renferme un wolfram dont la composition est voisine de celle de la Hübnérite (MnO, WO^3), de l'État de Nevada. Comme ce wolfram devient transparent et d'un brun rouge, lorsqu'il est en lamelles minces, M. Des Cloizeaux (3) a pu l'étudier à la lumière polarisée, et il a constaté ainsi que c'est un minéral clinorhombique et non pas orthorhombique comme l'admettent la plupart des minéralogistes.

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 78.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 184.
(3) *Annales de chimie et de physique* [4], t. XVIII.

Forêt Noire. — Dans ses études sur la région de la forêt Noire appartenant au duché de Bade, M. F. Sandberger (1) a donné la composition de deux granites de cette région.

A. Granite gris, non décomposé, de Schapbach. (Analysé par M. le docteur Nessler.)

B Granite à grain moyen, fortement décomposé, contenant beaucoup d'orthose rougi, de l'anorthose, du quartz gris, du mica vert grisâtre et beaucoup de pinitoïde. Il encaisse le riche filon Sophie près Wittichen. (Analysé par M. le docteur Th. Petersen.)

	SiO^2	Al^2O^3	CaO	BaO	MgO	KO	NAO	Fe^2O^3	HO	Somme.
A	67,09	18,00	1,57	traces	1,64	5,34	2,21	3,43	0,66*	99,94
B	69,01	18,80	0,31	0,16	0,36	5,12	1,62	2,79	1,96**	100,13

* Traces de fluor, de manganèse, d'acide sulfurique.
** Matières organiques. — La roche a une réaction faiblement alcaline.

Le granite de la forêt Noire est souvent imprégné de minerais, particulièrement d'argent natif au contact des filons métallifères qu'il encaisse; et quelquefois il en est tellement imprégné qu'il peut y avoir plus d'avantage à l'exploiter que ces filons eux-mêmes.

M. F. Sandberger attribue ce résultat à la décomposition du granite qui l'a rendu plus poreux et par suite facilement perméable aux dissolutions génératrices des filons métallifères.

Brevig. —Dans le granite de Brekke, près de Brevig en Norwége, se trouve un minéral connu sous le nom d'Esmarkite, et dont l'étude vient d'être faite par M. Des Cloizeaux (2). Il se présente en masses laminaires, atteignant jusqu'à 8 centimètres, et ayant trois clivages inégalement faciles. Sa forme est celle de l'anorthite sa densité égale 2,737. M. Pisani a obtenu pour sa composition chimique :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	NaO	KO	HO	Somme.
47,50	33,70	15,40	0,56	1,84	0,59	0,91	100,53

(1) *Neues Jahrbuch für Mineralog'e, Geologie und Palaeontologie*, 1868, p. 390.
(2) *Annales de chimie et de physique* [4], t. XVIII. *Sur la véritable nature de l'Esmarkite.*

M. Des Cloizeaux observe que la silice dépasse de 4 p. 100 celle qui correspond aux rapports ÷1 : 3 : 4 pour RO, R^2O^3, SiO^2; et comme il en est à peu près de même dans les analyses de certaines anorthites vitreuses, il pense qu'on doit considérer l'esmarkite comme une anorthite.

Nous observerons à ce sujet que les rapports d'oxygène dans l'esmarkite sont en réalité ÷1 : 3 : 5, c'est-à-dire ceux obtenus par M. Delesse dans l'analyse du feldspath qui forme la base de la diorite orbiculaire de Corse et du porphyre de Tnuray; par conséquent on retrouve aussi en Norwége cette variété de feldspath anorthose, à laquelle M. Delesse a donné le nom de vosgite. De plus, il est assez remarquable de la rencontrer dans un granite, c'est-à-dire dans une roche qui est riche en silice.

M. Des Cloizeaux a constaté d'ailleurs que l'esmarkite est associée à du quartz, à de grandes aiguilles de bamlite, à de la paranthine (wernérite), à une dichroïte gris verdâtre ou bleuâtre, nommée praséolite, et à du mica vert.

Porphyre augitique.

TYROL. — Le porphyre augitique du sud du Tyrol, rendu célèbre par les descriptions de Léopold de Buch a été étudié de nouveau par M. Tschermak (1). En réalité sa composition minéralogique ne diffère pas de celle du mélaphyre : on y observe de l'anorthose qui paraît être un labrador, quelques prismes microscopiques d'orthose, de l'augite, quelquefois de l'hornblende, particulièrement à Forno, du fer oxydulé, de la pyrite de fer, de la chaux carbonatée, de la chaux phosphatée qui se montre en petites aiguilles dans le porphyre augitique de Saint-Christina. De l'épidote, de la delessite et de la calcédoine ont rempli les fissures et les cavités de la roche. A Latemar dans le val Maodié, il contient du péridot associé avec du diallage bronzite; il passe alors au basalte. Dans les porphyres augitiques de Fontanaz et de Mezzavalle on trouve aussi de la chlorophœïte.

A. Porphyre augitique de Saint-Christina dans la vallée de Grodner (M. O. Pawel).

B. Porphyre augitique de Predazzo (Mulatto). La densité est 2,798 (M. W. Holecèk).

(1) *Die Porphyrgsteine Osterreichs*, von Dr Gustav Tschermak. — Vienne, 1869, p. 137, 138.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	kO	NaO	HO	P^2O^5	CO^2	Somme.
A	48,44	14,54	11,08	0,76	9,72	6 89	4,07	0,08	3,85	0,47	0,20	100,10
B	48,79	20,37	3,32	5,17	7,63	3,81	2,28	2,71	1,94	»	2,97	98,99

Silésie. — Près de Neurode, au sud du Riesengebirge, M. de Dücker (1) a observé de l'asphalte dans les fissures d'un mélaphyre, ainsi que dans un schiste bitumineux appartenant au Rothliegendes. On sait d'ailleurs que l'asphalte se rencontre aussi dans la mélaphyre d'Oberstein dans le Palatinat.

Hypérite.

L'hypersthène provenant de l'hypérite classique de l'île Saint-Paul, sur la côte du Labrador, a été analysé par M. Remelé (2) :

SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	PO^5	Somme.
49,85	6,45	2,25	14,11	0,67	24,27	2,37	traces	99,97

La densité de cet hypersthène est 3,402. Sa composition chimique est à peu près la même que celle de l'hypersthène de Farsund: mais elle diffère de celle trouvée par M. Damour pour un hypersthène venant également de Saint-Paul; ce dernier résultat se comprend d'ailleurs facilement, la composition d'un minéral pouvant présenter quelques variations dans le même gisement.

Euphotide (Labradorite).

Une nombreuse collection de labradorite provenant de la côte du Labrador a été examinée au microscope par M. H. Vogelsang (3). Cette roche est presque entièrement formée de feldspath labrador avec du diallage, des grains de fer oxydulé et de la pyrite; c'est donc une variété d'euphotide qui est très-riche en labrador.

Le microscope montre en outre des cristaux très-petits qui sont désignés par M. Vogelsang sous le nom de *microlithe*. Leur nature n'a pas pu être déterminée avec certitude; cependant comme

(1) Lettre à M. Delesse.
(2) *Zeitschrift d. d. Geolog. Gesellschaft*, t. XX, p. 658.
(3) *Archives néerlandaises*, 1868, t. III, p. 32. — *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 480.

ils ne se dissolvent pas à chaud dans l'acide chlorhydrique, ils n'appartiennent pas à la goethite (Nadeleisenerz); d'un autre côté, d'après leurs caractères, ils paraissent se rapporter au diallage.

M. **Vogelsang** pense que la belle couleur bleue du labrador ne doit pas être attribuée aux cristaux de microlithe, car elle s'observe même dans les échantillons qui n'en contiennent pas; elle résulterait, suivant lui, d'un effet de polarisation.

Spilite.

NASSAU. — Le spilite ou le *schalstein* des géologues allemands est une roche remarquable qu'on trouve très-développée dans le duché de Nassau. Des analyses complètes en ont été faites par MM. **Neubauer**, **Dollfuss** et **Eglinger** (1), qui ont dosé séparément les carbonates et les silicates.

	A. CARBONATES.						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
CaO, CO^2	16,03	62,96	43,69	42,39	16,23	15,31	10,82
MgO, CO^2	1,01	0,14	0,87	0,34	0,38	»	0,20
FeO, CO^2	0,63	1,08	1,41	0,60	0,15	15,20	0,36
MnO, CO^2	0,82	0,33	0,14	»	»	»	0,16
	B. SILICATES.						
SiO^2	38,52	17,58	24,16	30,82	52,47	32,04	44,37
Al^2O^3	16,25	[illegible]	5,44	11,00	15,35	14,80	19,26
Fe^2O^3	3,35	1,04	11,96	6,67	2,67	6,30	8,35
FeO	7,68	[illegible]	1,86	»	»	5,61	0,72
CaO	»	»	0,66	»	0,63	»	0,92
MgO	[illegible]	1,17	2,16	0,65	0,15	»	1,10
KO	0,55	0,80	0,77	2,54	4,15	1,53	5,96
NaO	[illegible]	[illegible]	2,22	1,16	4,16	3,57	2,78
Somme	76,25	32,94	49,53	52,84	79,58	[illegible]	[illegible]
Rapports d'oxygène	0,69	0,69	0,67	0,51	0,37	0,07	0,60

M. G. **Bischof** observe que les silicates des spilites du Nassau se classent parmi les schistes argileux qui ont une faible proportion de silice. En effet, les rapports entre l'oxygène des bases et celui de la silice sont élevés pour ces silicates; il n'y a que l'échantillon V qui fasse exception.

Les silicates du spilite sont hydratés, et leur proportion d'eau varie de 3,8 à 6,3 p. 100. D'un autre côté, leur oxyde de fer peut

(1) G. **Bischof**: *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, 2e édition, t. III, p. 121. — J. **Roth**: *Die Gesteins Analysen*, p. 62.

s'élever à 28 p. 100 et leurs alcalis à 10,5 p. 100 ; par conséquent le spilite du Nassau est quelquefois remarquablement riche en oxyde de fer et en alcalis.

Son origine sédimentaire et métamorphique ne saurait d'ailleurs être mise en doute, puisque M. de Dechen a observé une empreinte de cyathophyllum dans un spilite des environs de Brilon.

Roches feldspathiques volcaniques.

M. de Richthofen (1) a proposé pour les roches volcaniques une classification dont voici le résumé :

I. Rhyolithes (2) (roches offrant le caractère de coulées).	1re famille.	Rhyolithes granitiques ou Névadites (quartz, sanidine, oligoclase, mica).
	2e famille.	Rhyolithes porphyriques ou Liparites.
	3e famille.	Rhyolithes proprement dits (perlite, ponce, obsidienne).
II. Trachytes.	1re famille.	Trachytes à sanidine.
	2e famille.	Trachytes à oligoclase.
III. Propylites (Grünsteintrachyts). . . .	1re famille.	Propylites quartzifères ou Dacites (3).
	2e famille.	Propylites amphiboliques.
	3e famille.	Propylites pyroxéniques.
IV. Andésites.	1re famille.	Andésites avec amphibole.
	2e famille.	Andésites avec labrador.
V. Basaltes.	1re famille.	Dolérites (avec néphélinite).
	2e famille.	Basaltes.
	3e famille.	Leucitophyre (amphigénite).

Suivant M. de Richthofen, la série des éruptions aurait généralement été la suivante : 1° propylites ; 2° andésites ; 3° trachytes ; 4° rhyolithes ; 5° basaltes.

Trachyte.

Mexique. — Le trachyte de la montagne San Christobal près Pachuca au Mexique a été analysé par M. G. vom Rath (4) :

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
2,685	61,03	16,08	8,25	7,33	3,26	2,30	2,66	0,29	101,20

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 852.
(2) *Revue de géologie*, t. VI, p. 88.
(3) *Revue de géologie*, t. VI, p. 60.
(4) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 745.

Ce trachyte contient du feldspath, de l'augite, de l'hornblende, du fer oxydulé, et c'est dans une de ses fissures que M. vom Rath a d'abord signalé la tridymite qui est dimorphe du quartz.

Phonolithe.

D'après l'examen microscopique qu'il a fait de nombreux phonolithes provenant de Bohême, de Lausitz, du Rhön et de Hegau, M. Ferdinand Zirkel (1) admet qu'ils contiennent les minéraux suivants :

1. Sanidine en cristaux dans lesquels on distingue de la néphéline, des prismes verts d'hornblende, des grains de fer oxydulé et accidentellement du nosean. On y observe aussi des cellules produites par l'expansion de gaz (gasporen).

2. Néphéline en cristaux généralement assez petits pour qu'on ne puisse les voir à la loupe. Elle est moins fréquente dans les phonolithes trachytiques, c'est-à-dire dans ceux qui sont les plus riches en sanidine.

3. Hornblende qui enveloppe elle-même des cristaux de néphéline, des grains de fer oxydulé ainsi que des parties vitreuses démontrant bien que le phonolithe a été originairement à l'état de fusion.

4. Nosean qui se rencontre dans tous les phonolithes, mais qui n'est le plus ordinairement visible qu'au microscope. Il est très-aisément décomposable et par suite il facilite l'altération des phonolithes qui en contiennent beaucoup.

5. Aiguilles minces, incolores, se trouvant surtout en abondance dans les phonolithes riches en néphéline; M. Zirkel n'a pu se prononcer sur leur nature.

6. Fer oxydulé en grains noirs, cristallins et bien isolés qui se reconnaissent facilement.

M. Zirkel ajoute, du reste, que le fer titané et le péridot se rencontrent quelquefois en cristaux isolés dans les phonolithes; mais il n'a pu y découvrir ni quartz ni amphigène.

Andésite.

Des andésites rapportées de l'Amérique Centrale par M. le professeur K. de Seebach ont été analysées dans le laboratoire de M. Wöhler par M. Robert Marx (2).

---

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 87. — *Poggendorff Annalen*, t. CXXXI, p. 298.

(2) *Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft*, vol. XX, 1868, p. 521, 524, 526.

A. Andésite à pâte grenue, grise légèrement violâtre, contenant beaucoup de cristaux d'anorthose vitreux, du mica noir et quelques cristaux brillants d'hornblende; des rochers au nord-ouest de la ville de Guatemala.

B. Andésite à pâte brun rouge dans laquelle s'observent de très-nombreux cristaux vert jaunâtre d'anorthose vitreux, du quartz gris, un minéral jaune de cire complétement décomposé, et des grains noir-bleuâtre; des montagnes au sud de Léon de Nicaragua.

C. Andésite à pâte gris de cendre, poreuse; semi-vitreuse contenant beaucoup d'anorthose vitreux, des grains de péridot très-fins et d'un éclat métallique bien prononcé, ainsi que de l'augite et quelques octaèdres de fer oxydulé; du pied oriental du célèbre volcan Masaya-Nindiri.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	F^2O^3	CaO	MgO	ZnO	MnO	KO	NaO	Somme.
A	2,529	67,908	17,378	1,247	1,772	2,806	1,354	0,062	0,035	1,840	5,433	99,835
B	2,617	71,270	18,461	0,752	0,199	4,887	0,740	»	»	0,496	2,38	100,188
C	2,780	56,582	18,279	5,995	1,112	11,053	3,259	»	0,108	0,912	2,589	99,909

Le rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice est de 0,330 pour A 0,303 pour B et s'élève à 0,514 pour C.

A est une andésite amphibolique contenant un excès de silice.

B est une belle andésite quartzeuse formée vraisemblablement de quartz et d'oligoclase.

C consiste en un mélange d'un peu d'augite, de péridot et de fer oxydulé avec beaucoup d'oligoclase; c'est une andésite pyroxénique. Du reste elle ressemble à celle de Fuenta Agria à Ténériffe ainsi qu'à la lave de Hals (Roth; *Gesteins Analysen*, page 34).

Dolérite.

ETNA. — D'après un résumé fait par M. J. Roth sur les travaux de M. Silvestri (1) relatifs à l'éruption de l'Etna de 1865, la densité moyenne de la lave était de 2,771, celle des scories de 2,633, celle des cendres de 2,644. Voici maintenant sa composition chimique :

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
49,95	18,75	11,21	0,49	11,10	4,05	0,70	3,71	0,23	100,19

Elle contient en outre des traces de titane, d'acide phospho-

(1) *Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft*, 1869.

rique, d'oxyde de fer et de vanadium. On sait d'ailleurs que M. Engelbach a constaté l'existence du vanadium dans les basaltes et dans les néphelinites dès l'année 1865 (1).

Traitée par l'eau, la lave de l'Etna peut donner jusqu'à 0,09 p. 100 de sels consistant surtout en chlorure de sodium. C'est une dolérite, car elle est formée d'anorthose, d'augite, de péridot et de fer oxydulé.

Amérique centrale. — Parmi les roches volcaniques rapportées de l'Amérique Centrale par M. le professeur Ch. de Seebach, M. Robert Marx (2) a analysé plusieurs dolérites :

A. Roche gris brunâtre, légèrement poreuse avec cristaux d'anorthose et un peu de fer oxydulé, dans laquelle se détachent des cristaux plus gros d'augite et de péridot; du volcan Poas au nord d'Alajuela (Costa-Rica).

B. Lave de couleur noire, faiblement magnétique, à cellules tantôt grandes, tantôt petites et à structure semi-vitreuse. Elle contient beaucoup de grains de péridot (hyalosidérite) et d'anorthose. Quelques prismes d'augite vert foncé s'y distinguent également. Elle provient de la pointe du Turria ba (3) au nord-ouest de Carthage (Costa-Rica).

C. Dolerite formée par un mélange à gros grains de labrador, d'augite et de péridot avec du fer oxydulé qui la rend fortement magnétique ; perdant 1,84 p. 100 par calcination; des bords du Rio-Grande sur le chemin de Punta-Arenas à San-Jozé (Costa-Rica).

D. Dolérite à pâte grenue, vert presque noir, ayant un éclat cireux, contenant beaucoup de cristaux, jaune verdâtre d'anorthose et de l'augite d'un noir de poix ainsi que des amygdaloïdes calcaires; elle perd 0,93 p. 100 par calcination; de la Sena Blanca près S. Ramon (Costa-Rica).

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	Fe^2O^3	CaO	MgO	ZnO	MnO	KO	NaO	Somme.
A	2,716	56,374	22,616	3,729	0,903	9,852	4,702	0,104	»	»	1,724	100,004
B	[illegible]	56,360	21,761	[illegible]	0,956	[illegible]	4,930	»	»	»	1,526	100,002
C	3,015	44,729	16,918	6,440	4,668	13,386	8,946	»	0,440	1,092	3,267	99,894
D	2,715	50,990	23,129	5,980	2,000	12,018	4,438	0,039	0,012	»	1,394	100,000

Comparant les quantités d'oxygène des bases et de la silice, M. R. Marx trouve respectivement : 0,555 pour A; 0,548 pour B; 0,807 pour C; 0,672 pour D. Les échantillons A et B sont à la limite

(1) *Revue de géologie*, t. VI, p. 107.

(2) *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, vol. XX, 1868, p. 527, 529, 531, 533.

(3) *Petermann-Mittheilungen*, 1865, p. 331.

de l'andésite et de la dolérite; ils peuvent être considérés comme des dolérites riches en silice. Parmi les raisons qu'il fait valoir pour les considérer comme de la dolérite, M. Marx cite l'absence de potasse qui se trouve toujours dans l'oligoclase; mais il importe d'observer que la potasse a été rencontrée invariablement dans toutes les analyses récentes de labrador. De plus la potasse et la soude se montrent toujours associées dans les roches éruptives silicatées.

— M. R. Marx (1) a fait encore l'analyse d'une roche porphyrique du Rio Parita Grande (Costa Rica) qui peut être considérée comme une dolérite porphyrique. Sa pâte qui est brun-foncé ou vert renferme des cristaux d'anorthose vitreux, de l'augite ainsi que du fer oxydulé scoriacé (Trappeïsenerz). Ses cellules sont tantôt vides, tantôt partiellement remplies par de la mésotype. Par calcination elle éprouve une perte au feu de 1,28 p. 100.

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	MnO	KO	NaO	Somme.
2,807	53,411	22,010	2,661	4,974	10,817	2,035	0,078	1,551	3,244	100,781

Le rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice est de 0,596.

Basalte.

MM. de Fritsch et Reiss (2) distinguent trois types principaux parmi les roches compactes de la famille du basalte :

1° *Téphrite :* comprenant une série de roches que la présence des *felsitoïdes* (leucite, néphéline, noséane, haüyne, sodalite) rapproche des trachytes, tandis que l'absence des feldspaths alcalins les en éloigne.

2° *Basanite :* roche compacte, parfois porphyroïde, composée de labrador, d'augite, d'hornblende, de mica et de grenat avec fer magnétique.

3° *Basalte.* Le labrador et la néphéline, d'un côté, l'augite, le péridot et le fer magnétique, de l'autre, sont les éléments principaux de ce type quand il n'est pas altéré; l'augite peut être partiellement remplacé par l'amphibole hornblende.

Les auteurs n'admettent pas la séparation qu'on établit ordinai-

(1) *Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft*, t. XX, p. 534.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 849.

rement entre les laves, d'une part, les basaltes et les trachytes, de l'autre. Selon eux, le mode de gisement des laves ne diffère guère de celui des basaltes; l'on sait du reste qu'elles ne sont point complètement anhydres; enfin, dans certaines laves, les enclaves cristallines atteignent parfois une dimension considérable. Il n'existerait donc point de caractères assez tranchés pour servir de base à une distinction entre les laves et les trachytes.

— M. G. Bischof (1) a comparé entre elles les principales analyses du basalte qui sont au nombre de 44; il indique pour le maximum et le minimum de leurs éléments chimiques les nombres qui sont donnés par le tableau suivant :

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO^3	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Alcalis.	HO	Quotients d'oxygène
Maximum.	55,86	28,67	23,33		1,84		16,08	11,82	4,30	7,35	8,70	7,40	1,217
Minimum.	36,68	10,34	5,59		0,01		4,09	0,22	traces	traces	traces	0,55	0,394

Prenant le rapport de l'oxygène des bases à celui de la silice, M. G. Bischof constate qu'il est très-variable; car il se trouvé compris entre 0,4 et 1,2.

Quoique la composition chimique du basalte et son rapport d'oxygène varient dans des limites très-étendues, M. Bischof fait observer que cette roche présente toujours à peu près le même état d'agrégation et la même structure, que son poids spécifique reste compris entre 2,9 et 3,1, qu'en un mot ses propriétés physiques sont remarquablement constantes.

Amphigène dans le basalte.

En examinant au microscope des laves basaltiques du lac de Laach et de l'Eifel ainsi que de vrais basaltes provenant de la Saxe, de la Thuringe et du Kaiserstuhl, M. Zirkel (2) a cru reconnaître que tous les échantillons étudiés contenaient de l'amphigène (leucite).

Anamésite.

On sait que le professeur C. von Leonhard, a donné le nom d'anamésite à des espèces de basaltes qui sont très-développés près

(1) *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, 2e édition, t. III p. 376.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 64.

de Francfort et de Hanau, sur le Main inférieur. Des recherches sur leur composition avaient déjà été faites par M. O. Prölls (1), et M. Hornstein (2) s'est occupé de nouveau de leur étude.

Leur densité, qui varie peu, est en moyenne de 2,923. Leur grain est fin; cependant on y distingue de l'anorthose, du fer oxydulé qui est titané, peu d'augite, une proportion variable de péridot et surtout du sphérosidérite (fer carbonaté fibreux).

On a mis en doute la présence du péridot dans l'anamésite; mais à Kasselstadt et à Eschersheim, ses grains atteignent la grosseur d'un pois.

Un minéral extrait de l'anamésite a reçu de M. Hornstein le nom de *Nigrescite*. Il est amorphe, à cassure inégale et esquilleuse. Sa dureté est 2, sa densité 2,845. Translucide, à éclat gras et d'une belle couleur vert pomme quand il est frais, il devient opaque, gris ou noirâtre lorsqu'il est exposé pendant quelque temps à l'air. Au chalumeau, il fond en donnant un verre magnétique, vert bouteille. Il s'attaque complétement par l'acide chlorhydrique qui en sépare de la silice floconneuse (I).

Le sphérosidérite de l'anamésite de Steinheim a encore été analysé par M. Hornstein. Il est le plus ordinairement en masses rayonnées et globuleuses, d'une couleur verte, jaune ou brune, dont la grossaur tantôt est inférieure à un millimètre et tantôt s'élève à quelques centimètres (II).

	SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	FeO	MnO	HO	CO^2	Somme.
I	52,29	5,14	2,59	18,11	15 71	0,23	6,29	»	100.36
II	»	»	0,02	0,61	38,12	traces	»	61,25	100,00

De même que le sphérosidérite, la nigrescite forme l'un des éléments essentiels de l'anamésite; elle est surtout abondante aux environs de Steinheim et à Eschersheim, près de Francfort, dans les variétés d'anamésite qui ont une couleur foncée. C'est d'ailleurs un silicate neutre hydraté qui, suivant M. Hornstein, proviendrait d'une métamorphose du péridot.

M. Hornstein a donné la composition chimique de cinq variétés d'anamésite :

(1) *Revue de géologie*, t. V, p. 96.
(2) *Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft*, 1867, p. 297. — *Neues Jahrbuch*, 1869, p. 210.

A. Anamésite foncée d'Eschersheim près de Francfort.
B. Anamésite gris clair de Bockenheim.
C. Anamésite noire des environs de la ferme Louise.
D Anamésite décomposee d'Avestein.
E. Anamésite prismatique de Dietesheim près Steinheim.

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
A	50,99	1,12	15,23	8,75	3,13	11,42	4,67	1,05	2,44	0,87	0,42	100,40
B	49,57	2,15	15,56	8,79	4.68	8.11	7.09	1,07	2,18	0,68	0,50	100,37
C	51,56	1,25	14,78	5,32	7,01	8,06	6,55	1,26	3,27	1,10	0,46	100,42
D	52,15	0,40	25,24	4,67	0,91	4,88	0,45	1,52	2.37	1,57	»	99,81
E	51,69	1,51	15,72	3,25	0,80	9,38	4,85	1,05	3,90	1,42	0,87	100,44

On peut admettre deux variétés d'anamésite, la première caractérisée par sa couleur d'un gris noirâtre et sa séparation prismatique; la seconde qui est plus claire, poreuse et massive.

L'anamésite contient quelquefois une proportion très-notable d'apatite, car M. Petersen en a trouvé 3,23 °/₀ dans celle de Steinheim.

Suivant M. Hornstein, les anamésites sont des laves qui appartiennent à la région volcanique du Vogelsgebirge et qui ont fait éruption sous l'eau; elles sont généralement au-dessus des formations oligocènes. On remarque d'ailleurs que les anamésites ayant la couleur la plus foncée et appartenant à la première variété se trouvent à la base et sont par conséquent les plus anciennes.

Quant au nom d'anamésite, M. Hornstein croit utile de le conserver dans la science, la roche ainsi désignée se distinguant à la fois du basalte et de la dolérite.

Amphigénite.

VÉSUVE. — M. le professeur Silvestri (1) a fait une analyse de la partie la plus compacte de la lave de Vésuve qui a fait éruption en 1867-1868.

SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Cu	SO^3	HO	Somme.
38,888	trace	14,127	12,698	0,010	17,698	3,333	1,190	10,000	trace	trace	2,063	100,007

(1) John Phillips : *Vesuvius*, 1869, p. 309.

MÉTÉORITES.

Classification des fers météoriques.

La classification des météorites a été dans ces dernières années l'objet des recherches de plusieurs savants, notamment de MM. G. Rose, Daubré, Haïdinger, Shepard.

A la suite d'études chimiques sur les fers météoriques, les Holosidères de M. Daubrée (1), M. Stanislas Meunier (2) en a proposé une classification qui est résumée par le tableau suivant :

			Provenance.
Holosidères.	Formés d'un alliage sinon exclusif, au moins très-prépondérant et.	1. Ayant la composition de l'Octibbehite $FeNi^2$.	Octibbeha.
		2. Ayant la composition de la Tœnite Fe^2Ni.	Tazewell.
		3. Ayant la composition de la Kamacite $Fe^{14}Ni$.	Nelson.
	Formés de deux alliages nettement visibles qui sont.	4. Tœnite et Kamacite.	Caille.
		5. Tœnite et Plessite.	Jewel Hill.
		6. Tœnite et Campbellite. . . .	Campbell County.
	Formés de trois alliages qui sont. .	7. Tœnite, Kamacite et Plessite.	Burlington.

Fers météoriques.

Le gaz et particulièrement l'hydrogène peuvent être absorbés par les métaux ; en faisant l'étude de cette propriété, M. Graham (3) est arrivé à un résultat remarquable sur la composition des météorites. Il a constaté, en effet, que le fer météorique de Lenarto contient environ trois fois son volume d'hydrogène. Comme, d'après MM. Huggins et Miller, l'analyse de la lumière des étoiles fixes y indique de l'hydrogène, celui qui est contenu dans les météorites viendrait sans doute des régions stellaires.

— En étudiant les minéraux qui se sont développés dans les fers météoriques, M. Stanislas Meunier (4) a reconnu qu'ils occupent les uns vis-à-vis des autres des situations parfaitement fixes et qu'ils présentent une grande constance dans leur association.

(1) *Revue de géologie*, t. VII, p. 114.
(2) Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, 1869.
(3) *Association scientifique*, 18 juillet 1869. — *Bulletin*, n° 129, p. 40.
(4) Thèse présentée à la Faculté des sciences de Paris, 1869.

Ainsi, lorsque les trois fers nickelés principaux se rencontrent dans une même masse, jamais la plessite n'est en contact avec la kamacite; elle en est séparée par la tœnite.

Il en est de même de la Schrubersite qui paraît localisée dans les lamelles de tœnite et qui peut aussi se trouver en contact direct avec le graphite.

La troïlite n'est pas non plus en contact avec la kamacite. Elle paraît même toujours séparée de la tœnite par une couche plus ou moins épaisse de graphite, laquelle s'est montrée dans plusieurs cas enveloppée de Schreibersite.

Quand le graphite enveloppant la surface est épais, comme dans le fer de Caille où il atteint parfois un centimètre d'épaisseur, il est formé de couches parallèles et régulières; de plus on retrouve du graphite en lamelles dans l'intérieur des rognons de troïlite.

Des grains lithoïdes sont souvent engagés dans la troïlite et du sulfure en couches très-minces se rencontre quelquefois entre les grains de péridot et le métal enveloppant.

La kamacite ne paraît jamais être en contact direct avec les silicates.

De même que les autres roches, les fers météoriques offrent donc une grande constance dans l'association de leurs minéraux; et ce résultat est d'autant plus intéressant à signaler que les fers météoriques ont une origine très-variée et en outre tout à fait exceptionnelle.

Mexique. — M. J. Lawrence Smith (1) a donné l'analyse d'un fer météorique tombé au Mexique, paraissant être un fragment de la grande masse de fer météorique envoyée en France par le maréchal Bazaine, et donnée au Muséum de Paris. Sa structure est éminemment cristalline et son poids spécifique égale 7,72. Sa composition chimique est la suivante :

Fe	Ni	CO	P	S	Cu	Somme.
91,10	7,56	0,76	0,02	traces	traces	99,44

(1) *Sillim. American Journal*, n° 133, p. 77.- *Bull. soc. chimique*, novembre 1868, p. 393.

ROCHES MÉTALLIFÈRES.

Les roches métallifères ont une importance exceptionnelle pour le mineur; mais les limites dans lesquelles la Revue de géologie doit se renfermer nous obligent à les mentionner seulement d'une manière sommaire.

Parmi les ouvrages périodiques qui s'en occupent d'une manière spéciale, et auxquels on pourra recourir pour plus de détails, il convient de citer, outre les *Annales des mines*, le *Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, la *Revue universelle des mines*, le *Journal des mines et des usines* de MM. Bruno Kerl et F. Wimmer, des *Études sur les gîtes métallifères* de MM. Bernhard von Cotta et H. Muller, l'*Annuaire des mines et des usines* de M. Johann Grimm, la *Revue minérale* de Madrid, l'*American Journal*, le *Mining Journal*, les publications de l'*Institut impérial géologique* de Vienne et celles du *Geological Survey* pour l'Angleterre et ses colonies.

Dans la description que nous allons donner des roches métallifères, nous les classerons d'après les métaux qu'elles fournissent et conformément à l'ordre géographique adopté dans cette Revue.

Fer.

Fer oxydulé.

Le minerai de fer oxydulé granulaire d'Arendal contient des masses lamellaires, et quelquefois des cristaux d'un minéral signalé d'abord par M. Tank et auquel M. G. Rose a donné le nom de Tankite. M. Des Cloizeaux (1) a constaté que sa forme est à très-peu près celle de l'anorthite, et d'après une analyse de M. Pisani, en faisant abstraction de 4,80 d'eau qu'il renferme, sa composition donnerait les rapports ÷ 1 : 3 : 4. Il semble donc que la tankite soit une anorthite hydratée.

Fer carbonaté.

AHAUS — M. Alexandre Hilbeck (2) a décrit le gisement d'un

(1) *Mémoires de la Société impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg* [2], t. II, 1867.

(2) *Revue universelle*, 1868, p. 451. (Extrait par M. Guyerdet.)

minerai de fer appartenant au terrain crétacé inférieur et exploité près d'Ahaus en Westphalie.

C'est en recherchant dans ce pays les matériaux de construction qui y sont très-rares que l'on découvrit des assises grisâtres très-résistantes, rapportées, dès 1858, aux grès du gault par M. Strombeck. Une analyse de cette pierre ne laissa plus de doute sur sa composition ; c'était du fer carbonaté lithoïde d'une assez grande richesse, mais sa teneur en phosphore le fit considérer comme sans valeur industrielle. En 1863 de nouvelles recherches furent entreprises et l'existence de ce minerai fut démontrée sur un grand nombre de points.

Le gault d'Ahaus se compose d'argiles alternant avec des couches de carbonate de fer qui paraissent être au moins au nombre de quatre

La première couche est formée de rognons arrondis, réunis par un ciment argileux.

La seconde est plus compacte. Dans ces deux couches, la glauconie est rare et le quartz manque entièrement.

La troisième couche, qui est tout à fait compacte, contient beaucoup de glauconie et de grains arrondis de quartz. Les matières bitumineuses l'imprègnent fortement. Il s'y trouve également des concrétions de chaux phosphatée qui sont accompagnées de pyrites.

Quant à la quatrième couche, elle est peu connue, car on ne l'a rencontrée que dans un sondage.

Tous ces minerais sont plus ou moins altérables à l'air.

Des gisements analogues a celui d'Ahaus ont été découverts près d'Alstätde sur la frontière de Hollande et près de Epe.

D'après un essai récent de M. Hilbek, un minerai de même provenance a donné 1,22 de phosphate de chaux et 32,76 p. 100 de fer.

Or.

Tarn, Aveyron. — L'or existe dans les départements du Tarn et de l'Aveyron et y a même été exploité sur certains points. Ainsi, le poëte Auzonne et Sidoine Apollinaire parlent de l'exploitation des sables aurifères du Tarn. En 1818, dans une description du département du Tarn, M. Massol déclare qu'il a vu lui-même des orpailleurs porter le produit de leurs recherches journalières chez les orfévres d'Alby.

Dans son Histoire du Rouergue, Bosc mentionne un minerai d'or

trouvé par l'ingénieur Richeprey aux environs de Millau, et M. Ad. Boisse a reconnu des traces très-appréciables de ce métal dans une pyrite cuivreuse des environs de Pruines (1).

Or et Argent.

M. F. A. Genth (2) a fait connaître une grande variété de minerais de tellure auro-argentifères, qui se trouvent en Californie et sur la côte orientale du Pacifique. Parmi ces minerais plusieurs sont entièrement nouveaux, en particulier la Calavérite ($AuTe^4$), la Petzite qui est très-commune en Californie, et doit être considérée comme un tellurure d'argent dans lequel une grande partie de l'argent est remplacée par de l'or, la Hessite, l'Altaïte. Parmi les minéraux associés mentionnons encore la melonite (Ni^2Te^3), la Tétradymite ($BiS^3 + 2BiTe^3$), la Montanite ($BiO^3\ TeO^3\ HO$) qui résulte de l'oxydation de la Tétradymite et donne le premier exemple d'un tellurate trouvé dans la nature, la Cosalite ($2PbS + BiS^3$), de la province Sinaloa au Mexique.

Californie. — M. B. Sillimann (3) a étudié des gîtes d'or et d'argent situés dans les collines en avant de la chaîne de la Sierra-Nevada, spécialement à Whisky Hill, comté des placers, et à Quail Hill, comté de Calaveras, en Californie.

Ce sont des dépôts ocreux désignés par les mineurs sous le nom de Iron Rust (rouille de fer), qui se trouvent bien au-dessus des localités aurifères habituelles de la Sierra.

Ces dépôts renferment des minerais de cuivre, mais surtout de l'or et de l'argent d'une extraction facile, la matière étant très-friable. D'une tonne de minerai, M. Sillimann a retiré pour 35 dollars d'or et pour 15 dollars d'argent. En grand, l'on n'obtient cependant par tonne que 29 dollars d'or et 6 dollars d'argent.

La roche métallifère paraît avoir été originairement un schiste talqueux et chloriteux ou plutôt micacé, renfermant des masses d'argilite et de quartz ; le tout est fortement imprégné de sulfures pour la majeure partie de fer, mais aussi de cuivre, de zinc et de plomb.

(1) Lettre de M. Ad. Boisse à M. Delesse.
(2) *American Journal of science and arts*, t. XLV, mai 1868.
(3) *Sillim. Americ. Journ.* 1868, n° 133, p. 92. — *Bull. de la Soc. chimique*, novembre 1868, p. 391.

Ces sulfures ont subi une décomposition presque complète et se sont transformés en dépôts ocreux, tendres, présentant des teintes très-variées. Leur oxydation s'est étendue aussi loin que l'air atmosphérique pouvait pénétrer.

Des bancs de porphyre ont coupé les grands filons métallifères dans la direction des couches qui les encaissent. Ces bancs ont d'ailleurs participé à la décomposition générale, car on les trouve transformés en kaolin et en argile lithomarge.

NEVADA. — M. de Richthofen (1) a donné quelques détails sur le célèbre filon argentifère et aurifère du Nevada connu sous le nom de Comstock lode, et qui est sans contredit le plus riche filon du globe.

Ce filon traverse des roches syénitiques et des massifs éruptifs plus modernes, que M. de Richthofen appelle *Propylites* et qu'il rapproche des trachytes amphiboliques de la contrée (2).

Le remplissage du filon est formé de masses souvent considérables empruntées à la roche encaissante, de quartz et d'une argile qui constitue les salbandes. Les minerais sont : la stéphanite, l'argent sulfuré, l'argent natif et la galène riche. On trouve plus rarement de l'argent rouge. En outre, on rencontre l'or natif, les pyrites de fer et de cuivre, la blende, la cérusite et la pyromorphite. Le calcaire, le gypse et les zéolithes sont assez rares.

Les plus riches accumulations de minerai paraissent être en rapport intime avec le développement de la gangue quartzeuse; et on les trouve toujours au toit ou au milieu des filons, mais jamais au mur.

Le Comstock lode est, pour M. de Richthofen, un véritable filon, rempli par les émanations de solfatares après l'éruption des trachytes voisins. Ce filon a fourni, dans les cinq premières années de son exploitation, pour plus de 340 millions de francs d'or et d'argent, c'est-à-dire plus, à lui seul, que tous les gîtes métallifères de l'Europe dans la même période.

La puissance, évaluée à 30 ou 40 mètres dans la profondeur, atteint par endroits, aux affleurements, 200 ou 300 mètres.

---

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 352.
(2) *Revue de géologie*, VIII.

Minerais divers.

AVEYRON. — M. Ad. Boisse (1) qui s'est occupé d'une manière toute spéciale de l'étude des gîtes métallifères du département de l'Aveyron, a résumé l'ensemble de ses recherches.

On connaît, dit M. Boisse, les rapports de gisement et la communauté d'origine qui rattachent les filons aux roches éruptives ou ignées. L'intrusion de ces roches à travers des terrains déjà consolidés a dû produire dans ceux-ci des déchirures profondes.

Les roches éruptives amenées à l'état de plasticité ont bien pu pénétrer dans les fentes ainsi produites, et les remplir en partie; mais quelques-unes de ces fissures, restées béantes, ont formé des conduits naturels, des cheminées livrant passage aux émanations souterraines, qui se sont condensées et se condensent encore sur leurs parois. De là les filons; de là aussi les sources minérales hypogènes qui ne sont en quelque sorte qu'un produit connexe des filons; de là enfin la plupart des roches métamorphiques.

Parmi les gîtes métallifères de l'Aveyron, les plus nombreux constituent des filons plus ou moins réguliers, disséminés sur la surface presque entière du département; quelques-uns sont devenus l'objet de concessions, principalement groupées aux environs de Villefranche, de Najac, du minier de Creissels, de Cénomes, de Corbières, de Lunel, de Brusques.

Minerais. — Les métaux qui entrent dans la composition de ces gîtes métallifères de l'Aveyron sont habituellement :

le fer, le manganèse, le zinc, le plomb, le cuivre, l'antimoine, l'argent.

Cependant on y trouve quelquefois de l'arsenic, du titane, du nickel, du chrome, de l'urane et de l'or. Marcel de Serres a signalé en outre le tellure natif dans les granites des environs d'Entraygues.

Nous devons mentionner enfin, comme présentant des conditions tout exceptionnelles de gisement, le mercure natif que M. Boisse a rencontré à diverses reprises dans les marnes supraliasiques de Tournemine et de Saint-Paul-de-Fond, où le métal remplit de petites cavités naturelles, isolées, à la base de la formation oolithique.

(1) Lettre de M. Boisse à M. Delesse. — *Mémoires de la Société des lettres sciences et arts de l'Aveyron*, t. VIII.

Voici quels sont les minerais métalliques dominant dans les filons du département de l'Aveyron :

Pour le fer. . . . . L'hématite brune, le fer oxydulé, le fer spathique, la pyrite, la pyrite arsenicale, le fer chromé.

Pour le manganèse. Le peroxyde de manganèse et plus rarement le manganèse silicaté.

Pour le zinc. . . . . . La calamine et la blende.

Pour le plomb. . . . La galène (très-souvent argentifère), le plomb carbonaté, le plomb phosphaté et alumino-phosphaté, le plomb sulfaté, la jamesonite.

Pour le cuivre. . . . Le cuivre oxydé noir, le cuivre oxydulé, le cuivre sulfuré, le cuivre panaché, la pyrite cuivreuse, le cuivre gris, la bournonite, le cuivre carbonaté et le cuivre silicaté.

L'argent se trouve en proportion souvent notable dans quelques sulfures métalliques, tels que la galène, le cuivre gris et certaines pyrites; toutefois M. Boisse n'a pas rencontré dans l'Aveyron de minerais exclusivement argentifères.

L'antimoine n'existe guère qu à l'état de sulfure d'antimoine et d'antimoine oxydé.

Quant aux autres métaux, le nickel, l'urane, le titane, l'arsenic, le chrome, ils ne sauraient être considérées que comme un élément accessoire et rare des filons.

— Les filons métallifères les plus nombreux du département de l'Aveyron sont : les filons ferrugineux, les filons plombifères et cuprifères.

Quelques-uns ont été, à une époque reculée, l'objet d'exploitations dont l'importance est attestée par l'étendue des excavations auxquelles elles ont donné lieu, par les nombreux et vastes amas de déblais extraits de ces excavations, et qui formant de véritables *Sierre-Bottini*, jalonnent les affleurements des filons.

Les travaux les plus considérables et les plus suivis paraissent avoir été groupés aux environs d'Asprières, de Peyrusse, de Mauron, de Villfranche, de Najac, de la Bastide-Lévêque, du minier de Cénomes et Corbières, de Lunel.

Aujourd'hui l'exploitation des minerais métalliques est presque exclusivement concentrée sur les minerais en couches du terrain houiller et de la formation jurassique.

Un grand nombre de filons, après avoir été pendant plusieurs années l'objet de recherches actives, ont été abandonnés, et les seuls dont l'exploitation soit encore suivie, sont le filon d'hématite brune

de Kaïmar, près Lunel, ainsi que le filon de galène argentifère de la Baume, non loin de Villefranche (1).

Répartition des filons métallifères. — Les filons métallifères, bien qu'ils se trouvent plus particulièrement groupés dans quelques districts privilégiés, existent néanmoins dans toutes les parties du département de l'Aveyron. Il importe d'ajouter qu'ils se montrent également dans toutes les formations géologiques, depuis les plus anciennes jusques et y compris la formation jurassique.

Ainsi se trouve attesté le caractère de généralité des phénomènes qui ont présidé à la distribution des minerais métalliques dans l'Aveyron.

Quel que soit néanmoins ce caractère de généralité, l'on ne peut s'empêcher de reconnaître que la répartition de ces gîtes et leur production est subordonnée à certaines lois de relation parmi lesquelles M. Boisse cite en première ligne :

Les conditions de gisement ; en particulier, la position habituelle des filons métallifères, sur le pourtour des massifs granitiques, et leur liaison directe, immédiate avec les roches trappéennes, qui forment, dans cette partie du plateau central, le cortége habituel des granites.

Leur concentration dans certaines régions caractérisées par l'abondance de ces roches trapéennes et plus particulièrement des serpentines, des amphibolites, et des porphyres feldspathiques.

Leur tendance habituelle vers un petit nombre d'orientations préférées, presque toutes comprises entre *hora* 6 et *hora* 9, de la boussole allemande. Sur 75 filons métallifères dont M. Boisse a relevé la direction, 50 lui ont offert une orientation comprise dans les limites qui viennent d'être indiquées, et dans ce groupe le plus grand nombre se rapproche beaucoup de *hora* 8-9.

La concordance qui existe entre les directions observées, d'une part dans les filons, d'autre part dans les principaux accidents géologiques tels que failles, dislocations de couches ;

La pénétration des filons, jusqu'aux terrains jurassiques inclusivement.

L'influence de la roche encaissante, sur la puissance et l'allure du gîtes.

Telles sont les lois générales auxquelles M. Boisse a été conduit

---

(1) Le filon du Kaïmar a fourni en 1865 4 303 tonnes de minerai de fer, représentant, à raison de 8f.10 la tonne, une valeur de 34 854 francs. L'exploitation du filon de la Baume a produit pendant la durée de la même campagne 2 842 tonnes de galène argentifère, évaluée à 48f.90 la tonne, et représentant une valeur totale de 138 89 francs.

par l'étude attentive de plus de cent filons répartis sur toute la surface du département de l'Aveyron.

— Les minerais métallifères forment très-exceptionnellement la matière dominante de ces filons; presque toujours ils sont associés, tantôt par voie de mélange, tantôt par juxtaposition, avec les matières pierreuses ou gangues dont les plus fréquentes sont :

le quartz, la baryte sulfatée, la chaux carbonatée, la chaux fluatée, la chaux sulfatée.

C'est conforme d'ailleurs à ce qu'on observe généralement dans les gîtes métallifères.

Dans l'Aveyron, quelques-unes de ces gangues sont néanmoins susceptibles de recevoir un emploi utile. Ainsi, M. Boisse observe que les filons quartzeux sont exploités près de Bouillac pour la construction des soles réfractaires des usines du bassin d'Aubin; et l'on sait que la baryte sulfatée et la chaux fluatée fournissent des fondants précieux pour le traitement de certains minérais métalliques.

WITTICHEN. — M. F. Sandberger (1) a étudié les anciens filons métallifères de Wittichen, dans le pays de Bade.

La roche encaissante est le granite ordinaire de contrée, dont la composition a été donnée précédemment. Il se trouve à un état de fendillement et de désagrégation très-avancé; de plus il est toujours assez riche en pinitoïde.

La chaux, la magnésie, une partie de l'oxyde de fer et des alcalis paraissent avoir été en partie enlevés au granite métallifère; en revanche, la proportion de la silice, de l'alumine et de la baryte y est plus considérable. L'oligoclase et le mica y sont décomposés.

Il n'existe pas de traces des minerais dans la partie de la roche encaissante qui avoisine les filons.

Le remplissage des filons a eu lieu certainement après le dépôt du grès bigarré; mais il est jusqu'à présent impossible de lui assigner une date plus précise.

L'étude de la succession des minéraux montre de la manière la plus nette qu'il y a trois formations métallifères distinctes :

La plus ancienne est celle de l'argent natif, accompagné d'argent sulfuré, d'argent rouge, de fer spathique et de quartz.

La seconde comprend : le cobalt nickelifère, le sulfure de cuivre

(1) *Neues Jahrbuch*, 1868, p. 385.

et de bismuth, le cuivre gris avec bismuth ou cobalt, la klaprothite, la pyrite de cuivre, le tout dans une gangue de baryte sulfatée.

Enfin la troisième est constituée par le spath brunissant, le fer spathique, la chaux carbonatée, avec un peu de pyrite cuivreuse, de fer arsenical et de sulfures d'argent et d'arsenic.

La première formation peut être assimilée à la formation quartzeuse noble de la Saxe; la seconde concorde parfaitement avec les filons barytifères de l'Erzgebirge et avec la formation quartzeuse contenant du nickel et du cobalt. Quant à la troisième, elle a son analogue dans la formation noble de l'Erzgebirge, celle dite *diedle Geschicke*.

Les grandes variations de la teneur en argent doivent être attribuées à ce qu'il y a quelques filons où la deuxième formation est accompagnée de la première ou de la troisième, tandis que dans les autres elle existe seule.

C'est seulement dans le granite à pinitoïde que la seconde formation est riche en nickel et cobalt. Le nickel, le cobalt et l'arsenic viennent d'une commune source qui se trouve évidemment dans les schistes amphiboliques, généralement imprégnés de minerai, peut-être aussi dans quelques lits, également imprégnés, appartenant au gneiss du district de Schapbach et de Wittichen.

Le nikel et le bismuth existent dans les minerais de Wittichen en beaucoup plus grande quantité qu'on ne le pensait autrefois. Si donc l'exploitation de ces filons devait être reprise, il conviendrait de diriger surtout le traitement en vue de ces deux métaux.

— M. Petersen (1) attribue d'ailleurs la formation du sulfate de baryte de Wittichen à l'action que des sulfures contenus dans le granite non altéré exercent sur le carbonate de baryte résultant de la décomposition du feldspath.

(1) *Poggendorff Annalen*, t. CXXXIV, p. 64.

NOTICE

SUR LA FABRICATION DU PLOMB AU FOUR A REVERBÈRE A LA SOCIÉTÉ DE LA NOUVELLE MONTAGNE A ENGIS (BELGIQUE).

Par M. Victor BOUHY.

La Société de la Nouvelle Montagne traite au four à réverbère (modèle de Carinthie), les galènes provenant de ses exploitations minières sises sur la rive gauche de la Meuse, à Engis; elle applique la méthode par grillage et réaction.

La galène est d'abord soumise dans le four à un grillage lent et à température peu élevée; on réduit ensuite les produits formés, en élevant la température et sans que la matière grillée sorte du four.

Inutile d'exposer ici en détail les réactions chimiques qui ont lieu pendant les différentes périodes de l'opération et qui produisent le plomb métallique; ces données théoriques ont été publiées déjà plusieurs fois, et d'une manière complète, dans différents mémoires sur la fabrication du plomb et notamment dans un mémoire très-intéressant de M. Gruner, inséré dans les *Annales des mines de France*, 6e série, tome XIII, page 325.

Nous résumerons ces principes le plus brièvement possible.

On grille lentement et pendant plusieurs heures pour provoquer la formation des sulfates qui, en réagissant sur le sulfure et à une faible température, produisent de l'oxyde de plomb et de l'acide sulfureux.



$$2PbS + 2PbO.SO^3 = Pb^2S + 2PbO + 3SO^2.$$

Lorsqu'après cette période de grillage, alors qu'il y a beaucoup d'oxyde et de sous-sulfure formés, on élève la température, l'oxyde et le sous-sulfure en présence produisent de l'acide sulfureux et du plomb métallique :



$$Pb^2S + 2PbO = 4Pb + SO^2.$$

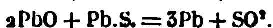
Telles sont les réactions indiquées par M. Gruner.

Il peut également arriver, et c'est ce que l'on admettait généralement, qu'il se forme d'abord de l'oxyde et du sulfate de plomb et que le sulfate et l'oxyde réagissent sur le sulfure pour produire du plomb et de l'acide sulfureux.

Les réactions seraient alors :



$$PbO.SO^3 + Pb.S. = 2Pb + 2SO^2.$$



$$2PbO + Pb.S. = 3Pb + SO^2.$$

On grille de nouveau et on donne encore des coups de feu. Comme, à la fin, il ne reste plus de galène, qu'il n'y a que des sulfates, des oxydes et des sous-sulfures, on arrive à décomposer les oxydes et surtout le sulfate, en élevant encore la température pour opérer le ressuage, après avoir ajouté un peu de charbon qui devient agent réducteur.

La matière n'est pas entièrement épuisée à la fin de l'opération, ou du moins, on ne cherche pas à pousser le ressuage de manière à retirer le plus possible de plomb métallique; on trouve avantage à arrêter l'épuisement lorsque la matière sur la sole (les mattes) ne contient plus que 20 p. 100 environ de métal, ce que l'ouvrier peut apprécier principalement d'après le rendement en plomb. Ces mattes sont traitées au four à manche.

Pour être soumis à la réduction au four à réverbère (modèle de Carinthie), le minerai doit être pur, riche en plomb, et ne pas contenir au delà de 4 à 5 p. 100 de silice ou d'argile, parce que la silice forme un silicate de plomb très-fusible qui passe dans les laitiers et les mattes, et qui

ne peut être réduit facilement qu'au four à manche; de plus, ce silicate étant très-fluide à la température du four, peut plus facilement pénétrer dans la sole, ce qui occasionne des pertes de métal et la détérioration de la sole. C'est la silice qui donne lieu aux forts écarts et provoque la formation des mattes riches en plomb.

On doit aussi éviter de laisser beaucoup de blende ou de pyrite, parce que ces substances, en trop grande quantité, augmentent d'une manière sensible la proportion de mattes; c'est à tel point que 35 à 40 p. 100 de pyrite ou de blende pourraient faire passer toute la galène dans les mattes. Ces sulfures de zinc et de fer, en faible quantité, ne nuisent pas; ils favorisent même la transformation de la galène en oxyde et en sulfate de plomb pendant le grillage; mais en proportion un peu forte, ils empêchent le grillage complet de la galène et produisent des mattes qui retiennent et scorifient les matières plombifères qui échappent ainsi aux réactions devant en faire sortir le plomb. C'est à la combustion du soufre de la pyrite qu'est due la flamme vert bleuâtre que l'on observe sur la masse dans le four pendant les brassages.

Dans ce qui va suivre, nous donnerons la description du four à réverbère, la marche du travail, les résultats d'une campagne et tous les détails qui se rapportent à cette campagne.

DESCRIPTION DU FOUR.

Il est inutile d'entrer dans de longs détails sur la disposition des fours à réverbère de la Nouvelle Montagne; les plans joints à la présente notice donnent toutes les indications nécessaires.

Ces fours sont accouplés comme le montre la *fig.* 5 Pl. I, qui donne la projection horizontale d'un four et une coupe horizontale d'un autre four.

Nous n'attirerons l'attention que sur quelques points.

La flamme, après avoir passé sur la sole, se rend avec les produits de la combustion dans une ouverture *a*, *fig.* 4, ménagée à l'extrémité de la voûte au-dessus de la porte de devant, puis dans le petit conduit horizontal *b*, *fig.* 3 et 4, et de là dans la petite cheminée *c*, *fig.* 1, Pl. II, qui communique avec un conduit horizontal *d*, *fig.* 1 et 2, Pl. II, débouchant aux chambres de condensation *e*, *fig.* 2, d'où le courant gagne la grande cheminée *f*, *fig.* 3, haute de 35 mètres.

Le petit conduit *b*, *fig.* 3, Pl. I, est fermé sur le devant par une brique en terre réfractaire que l'on applique contre l'ouverture et qu'on lute ensuite convenablement.

A l'autre extrémité de ce petit conduit, se trouve une glissière verticale en fer *g*, qui sert à régler le tirage pendant l'opération ; on la fait mouvoir à la main ou en frappant légèrement sur la partie supérieure avec le manche d'un outil.

H, *fig.* 3, Pl. I, est la chaudière en fonte dans laquelle se rend le plomb au sortir du four ; cette chaudière est chauffée par un petit foyer dont les produits de la combustion se rendent dans l'ouverture *a*, *fig.* 4, ménagée dans la voûte, au moyen du petit conduit *i*, *fig.* 3, pratiqué dans l'épaisseur de la maçonnerie du four. Cette chaudière pèse environ 42 kilos et peut durer en moyenne pendant 5 années de marche continue.

Sous la taque de la porte de devant *k*, *fig.* 1, Pl. I, se trouve une brique *l*, *fig.* 3, en terre réfractaire placée verticalement, qui ferme le four à cet endroit et qui porte une rainure verticale *m*, *fig.* 1 et 3, servant à la coulée du plomb ; lorsque l'on commence la campagne, cette rainure est bouchée jusqu'en haut avec de l'argile ; mais au fur et à mesure que la sole s'use, on doit descendre le trou de coulée, ce qui se fait en enlevant, au moyen du ringard ou du grand perceur et par parties successives, la terre qui bouche la rainure.

La porte de travail *k*, sur le devant du four, a $0^m,55$ de largeur pour laisser passer un homme lorsque, la campagne finie, on doit réparer le four ou reconstruire la sole; pendant le travail, cette grande ouverture n'est pas nécessaire pour le passage des outils de brassage; on la rétrécit en plaçant verticalement de chaque côté, une brique en terre réfractaire de $0^m,125$ d'épaisseur, de sorte qu'alors l'ouverture de cette porte n'a plus que $0^m,30$ de largeur.

N, porte de travail de côté, près de la grille du foyer. Le long de la face de côté du four où se trouve cette porte, le sol de l'usine est recouvert de taques en fonte sur lesquelles on dépose le minerai avant de le jeter dans le four.

La grille du foyer se compose de quatre barreaux en fer battu; lorsque l'on fait le feu, on place sur le devant, près de la porte, une brique dite *brique de gueule*, qui a pour but d'empêcher que le charbon s'écoule par la porte et de permettre ainsi de faire des charges de charbon plus épaisses.

Par campagne de 45 à 50 jours, on consomme deux barres de grilles de 22 à 23 kilogrammes chacune, à 22 francs les 100 kilog., soit donc en tout $45^k \times 0,22 = 9^f,90$.

Les chambres de condensation se composent de deux séries superposées comme l'indiquent les *fig.* 3 et 4. Pl. II; les fumées sortant du four, parcourent ces chambres avant de se rendre dans la grande cheminée; c'est dans ces chambres, ainsi que dans le conduit *d*, que l'on recueille une grande partie de l'oxyde et du sulfate de plomb qui ont été entraînés hors du four.

La grande cheminée F, *fig.* 1, Pl. II, a une hauteur de 35 mètres de sa base au sommet; elle ne sert pas uniquement au tirage des fours à plomb; elle reçoit aussi les fumées de plusieurs fours à briques et à terres, etc.

Il y a quelques années, le pont était creux dans toute sa longueur, et des ouvertures pratiquées près de la sole permettaient à l'air extérieur de pénétrer dans le four, à la tête

de la sole; on croyait que cette introduction d'air extérieur, à certaines époques du travail, facilitait le grillage et était utile à la réduction. On a reconnu que ces avantages n'étaient pas bien établis, et depuis plus de dix ans, ce petit canal n'existe plus dans le pont.

DE LA SOLE.

Nature. — La sole est composée d'un mélange le plus intime possible de 2/3 en volume d'argile ordinaire et 1/3 de coke pilé, soit en poids de 70,75 d'argile et 29, 25 de coke.

L'argile doit être très-propre, ne contenir ni cailloux, ni matières végétales; celle que l'on emploie pour la confection des briques ordinaires convient très-bien. On la sèche avant de la mettre en œuvre; à cet effet, on l'étale au soleil pendant un ou plusieurs jours, suivant la saison, ou bien, et c'est ce qui se fait le plus souvent, on la jette dans le four après l'enlèvement des dernières mattes, à la fin de la campagne, pour profiter de la chaleur des maçonneries; on ferme les portes et on laisse le four se refroidir.

Lorsque l'on vient pour réparer le four, on enlève l'argile qui s'y trouve, on démolit l'ancienne sole, et on commence la préparation de la matière qui doit composer la nouvelle. L'argile qui a été séchée, est passée à une claie à trous ronds de trois millimètres de diamètre; le refus est broyé aux meules.

Quant au coke, il provient souvent des escarbilles retirées des cendres des foyers des fours; on les broie aux meules, sans toutefois arriver à une grande ténuité; on trouve encore dans la partie employée, une assez grande quantité de morceaux de un à trois millimètres de diamètre.

Voici la composition de l'argile employée à la confection de la sole pour la campagne dont le détail sera donné plus loin

Eau combinée	5,40
Silice (y compris 7 p. 100 de sable)	77,70
Alumine	14,20
Peroxyde de fer	2,10
Magnésie et chaux	traces.
Total	99,40

Comme la sole a pour but de préserver le fond et les parois du four, qui sont en briques, de l'action directe et nuisible des scories, elle doit être assez réfractaire et ne pas renfermer des substances qui en provoqueraient la dégradation rapide; plus elle est dure (réfractaire), mieux elle résiste à l'action de la flamme et surtout aux outils pendant le travail de la charge; l'argile dont la composition est donnée ci-dessus, convient assez bien pour des fours de la dimension de ceux d'Engis; si elle contenait plus de silice à l'état libre, il se formerait des silicates, ce qui provoquerait l'altération de la sole; enfin, c'est pour qu'elle résiste mieux à l'action des sulfures qu'on mélange du coke à l'argile.

Le coke que l'on employait concurremment avec cette argile et qui provenait d'escarbilles, contenait beaucoup de cendres (souvent plus de 50 p. 100), qui naturellement tendaient à augmenter la proportion de mattes; on a pensé avec raison qu'il était préférable d'employer du coke de bonne qualité ne renfermant que 12 à 14 p. 100 de cendres.

Démolition de la sole usée. — Lorsque le four est mis hors feu à la fin d'une campagne, la sole se trouve rongée (comme l'indiquent les *fig* 6. 7 et 8. Pl. I) en grande partie, suivant la longueur du four, et principalement vers la porte de devant (celle au-dessus du trou de coulée). Avant de construire une nouvelle sole, on enlève entièrement ce qui reste de l'ancienne, de sorte que l'on met à découvert les parois et le pavé intérieurs du four.

La démolition d'une sole usée se fait par deux ouvriers,

un brigadier à 2f,30 et son aide à 2f,10 par journée de 12 heures; elle a lieu de la manière suivante:

On enlève, en la dégradant le moins possible, la brique placée de champ à l'extrémité de la sole et dans laquelle est ménagée la fente pour les trous de coulée, et l'on met ainsi à découvert une partie des deux petits monticules qui se trouvent dans les deux angles du four, de chaque côté de la rigole qui s'est formée au milieu de la sole et qui descend vers le trou de coulée: au moyen de *hamindes*, et en travaillant à l'endroit qui était occupé par la brique ainsi que par la porte située au-dessus de ce point, on détache la vieille sole aussi loin que possible; on ménage ainsi un espace à l'arrière du four dans lequel les deux ouvriers peuvent pénétrer pour continuer à l'arracher en avançant vers le pont. Comme les ouvriers qui sont alors entrés dans le four n'ont pas assez d'espace pour travailler avec des pics ou des hamindes, ils se servent de burins et de petits marteaux, détachent la sole par éclats, et pour ainsi dire par lits horizontaux, correspondant aux couches que l'on a formées successivement lors du battage; la séparation se fait avec plus de facilité, suivant les plans de contact de ces couches.

Le travail de démolition de la sole, y compris le transport des débris à une distance de 50 mètres environ, dure 12 heures, soit pour les deux journées d'ouvriers 4f,40.

Lorsque les débris contiennent 2 à 3 p. 100 de plomb, on les broie et on les fait entrer dans la composition de la nouvelle sole.

Ces débris, qui sont assez friables, présentent un aspect terreux, une couleur noire pour les parties supérieures et jaunâtre pour les parties qui avoisinent le pavé du four.

Lorsque l'on démolit une sole, on trouve souvent un peu de plomb entre elle et le pavé du four; ce plomb a dû traverser la sole ou passer le long des parois du four; on voit aussi la plupart des joints des briques du pavé et même

de la voûte qui le supporte, imprégnés de minium en plus ou moins grande quantité et aussi de plomb métallique: mais on ne peut en déterminer l'importance que lors de la démolition du four. Dans ce dernier cas, on trouve presque toujours du minium entre le pavé et la voûte et même sous la voûte et entre les joints des briques.

Quand, en janvier 1868, on a démoli un four après 7 ans de durée et 16 campagnes, et dans lequel on avait traité 604.000 kilogrammes de galène, on a trouvé dans les joints des briques et surtout en dessous de la voûte, environ 30 kilogrammes de minium, plus 520 kilogrammes de petites grenailles, mélange de plomb, de minium, de terre, etc., contenant 40 p. 100 de plomb. Le plomb qui va se loger sous la voûte en briques ordinaires qui supporte le pavé en briques réfractaires, rencontre de la terre ou des débris rapportés et peut plus facilement s'oxyder et s'accumuler que dans les joints; aussi trouve-t-on quelquefois sous la voûte des magots pesant plus de 25 kilogrammes.

Enfin, outre ces quantités de 40 et de 520 kilog. de matières, il y avait encore au moins 200 kilog. de débris de maçonneries imprégnées de plomb et de minium, pouvant contenir en tout 10 à 12 kilogrammes de plomb.

Préparation de la matière pour une nouvelle sole.

Pour faire une sole, il faut 14 brouettes (la brouette cubant 1 hectolitre environ) d'argile broyée à 127 kilog. l'une, soit en tout.	1.778 kil.
Et 7 brouettes de coke broyé à 105 kilog. l'une, ensemble.	735
Total.	2.513

C'est donc comme nous l'avons dit, 70,75 p. 100 d'argile et 29,25 p. 100 de coke.

On nettoie parfaitement le sol garni de taques au pied du long côté du four; on y verse deux brouettes d'argile, et pardessus une de coke; puis sur ce tas, deux nouvelles brouettes

d'argile et une de coke et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait amoncelé la quantité voulue d'argile et de coke pour une sole; les deux ouvriers qui font ces opérations (un brigadier et son aide) prennent alors la matière à la pelle en allant de bas en haut et de la circonférence au centre du tas, et forment à côté un nouveau tas; ils reprennent ensuite ce dernier de la même manière pour le replacer à l'endroit où il était d'abord; ils le déplacent une troisième fois, toujours en enlevant la matière de bas en haut, et cela pour arriver à mélanger le mieux possible l'argile et le coke.

Après cette troisième opération, ils versent légèrement de l'eau sur le tas avec un seau ou mieux avec un arrosoir, de manière à former une croûte mouillée qu'ils enlèvent à la pelle et qu'ils placent à côté: ils ont soin d'écraser, en les frappant avec le dessous de leur pelle courbée, les boules qui se sont formées; ils continuent cet arrosage partiel et chaque fois, enlèvent la tranche humectée.

Lorsque toute la matière a été ainsi mouillée et déposée en un tas, les ouvriers recommencent une deuxième fois, puis une troisième fois la même opération; et la préparation de la brasque est terminée; elle a subi trois mélanges à sec et trois à l'état humide.

On emploie pour cette préparation environ 35 seaux d'eau, soit environ 392 litres.

Lorsque le mouillage et le mélange ont été faits convenablement, la pâte est suffisamment liante pour rester fixée à la muraille, si on l'y projette avec force, pour former corps et conserver l'empreinte des doigts lorsqu'on la serre dans la main, et pas assez pour adhérer à la peau; si le mélange n'était pas suffisamment humide, il faudrait y ajouter de l'eau; s'il l'était trop, on le laisserait sur place pendant 12 heures, 24 heures ou plus si c'était nécessaire pour qu'il se dessèche.

Deux ouvriers ont 24 heures pour préparer la matière de la sole, comme nous venons de l'indiquer; ils reçoivent pour

ces 24 heures et pour eux deux 8f,80; ils consomment 1/4 de litre d'huile pour s'éclairer pendant la nuit.

Le travail d'amener les 21 brouettes de terre et de coke, de manipuler six fois les matières, ne paraît pas si considérable qu'il faille le compter à deux ouvriers comme exigeant leur présence pendant 24 heures consécutives; cependant, ils restent presque toujours 20 à 22 heures sur place, parce qu'ils doivent faire ces manipulations avec lenteur pour y apporter beaucoup de soins et écraser un grand nombre de grumeaux ou boules qui se forment lors des arrosages; ils ne se hâtent pas trop et on leur donne toute liberté pour que plus tard, si la sole laissait à désirer, ils ne puissent dire qu'on les a empêchés de faire un travail parfait en ne leur accordant pas le temps nécessaire. Ces deux ouvriers sont des fondeurs qui seront attachés à la fabrication du plomb dans le four qu'ils approprient; ils ont donc tout intérêt à ce que la pâte qui doit servir à la confection de la sole soit dans les meilleures conditions possibles; ce sont les mêmes hommes qui doivent achever entièrement la préparation de la matière, afin qu'on sache à qui s'adresser si la brasque laissait à désirer.

Construction et battage de la sole. — Lorsque la brasque est convenablement préparée, le manœuvre la jette à la pelle dans le four par la porte de côté; le brigadier qui se trouve alors dans le four étend et égalise la matière; lorsqu'il y en a une quantité suffisante pour former une couche de 20 centimètres d'épaisseur, le brigadier procède au battage; l'aide jette ensuite de la matière pour former une nouvelle couche de 20 centimètres d'épaisseur et le battage de cette deuxième couche a lieu comme celui de la première; ainsi de suite, jusqu'à l'achèvement complet de la sole.

La couche inférieure, qui a 20 centimètres d'épaisseur avant le battage, est réduite après cette opération à 6 centimètres environ; le brigadier soigne tout particulièrement cette première couche qui forme le fond du bassin, et veille

aussi à ce que le battage soit parfait le long des parois du four.

Pour réduire à 6 centimètres d'épaisseur une couche de $0^m,20$, le battage dure une heure et un quart.

Les couches à battre ont $0^m,20$ tant que l'ouvrier peut travailler sans difficulté ; mais lorsqu'on arrive aux deux ou trois couches supérieures, on ne leur donne plus que 10 à 12 centimètres d'épaisseur, parce qu'il n'y a plus assez d'espace entre la voûte et la sole pour manœuvrer les outils avec facilité ; la dernière couche est réglée d'après l'épaisseur totale de toutes celles qui l'ont précédée, et elle doit être tout particulièrement soignée.

Avant de former une nouvelle couche, on pratique sur celle qui vient d'être battue, 15 à 16 rayures parallèles ayant 3 à 4 millimètres de profondeur et allant du pont à l'extrémité du four ; ces rayures ont pour but d'augmenter l'adhérence entre deux couches successives et de former des espèces de rigoles pour ramener, autant que possible vers le trou de coulée, le plomb qui pénètre dans la sole pendant la réduction.

Pour le battage, on se sert des trois outils ci-après : d'une masse en bois, *fig.* 5, Pl. II, d'une batte en bois *fig.* 6, et d'un marteau en fer et acier, *fig.* 7. La masse est employée pour les couches inférieures alors que l'ouvrier a suffisamment d'espace pour manœuvrer son outil ; on finit avec la batte. On fait plus d'ouvrage avec la masse ; mais certains ouvriers préfèrent se servir uniquement de la batte, parce que cet outil est moins lourd que la masse, et ils finissent avec le marteau en fer ; ils peuvent, disent-ils, mieux soigner le travail ; il est vrai que l'on a remarqué souvent que les soles faites par ces derniers, avaient 2 ou 3 jours de durée en plus.

Le battage le long des parois du four, là où il doit être tout spécialement bien fait, est exécuté avec le marteau en fer.

Le battage dans le four a lieu à la lumière; on consomme environ 1/3 de litre d'huile épurée pour la durée de l'opération qui est de 22 à 23 heures environ.

Le brigadier construit sa sole de manière qu'elle aille un peu en montant vers le pont, et aussi un peu en montant vers les deux longues parois du four, de sorte qu'il y a un léger creux au centre, marchant du pont vers le trou de coulée, et qui doit faciliter l'écoulement du plomb réduit vers la chaudière. Si, la sole terminée, le brigadier trouve que ce creux n'est pas suffisamment bien ménagé, il lui donne la forme voulue en entaillant la brasque au moyen d'un couteau ou d'un ciseau de menuisier.

On élève aussi la sole de telle manière qu'elle dépasse de 2 à 3 centimètres la taque de la porte de côté; à cet effet, on place à l'intérieur du four et contre le châssis de la porte, une barre de fer de 3 à 4 centimètres de hauteur qui permet ainsi l'exhaussement de la sole à la porte; c'est sur cette barre que les outils glissent pendant les premiers jours de travail; lorsque après 9 ou 10 jours, on peut donner le maximum de charge, la surface de la sole est descendue au niveau de la taque de la porte; avant qu'elle soit arrivée à ce niveau, il est difficile de bien traiter une charge de 625 kilog. parce que l'espace entre la sole et la voûte n'est pas assez grand.

La construction et le battage d'une sole exigent deux ouvriers pendant 22 à 23 heures consécutives; pour les mêmes raisons que pour la préparation de la terre, les ouvriers qui commencent la sole doivent la finir; on paye pour eux deux et pour 24 heures 8f,80.

De plus, lorsqu'elle dure plus de 40 jours, les deux ouvriers qui l'ont construite reçoivent à titre de gratification chacun la moitié de leur salaire d'une journée.

Voici ce que coûte la construction d'une sole :

	francs.
735 kilog. de coke (bonne qualité), à 22f,47 les 1.000 kilog. y compris 3 francs par 1.000 kilog., pour le broyage. . .	16,51
1.778 kilog. d'argile broyée (coût de l'exploitation, 0f,50; chargement et transport, 0f,85; frais de broyage, 2f,00).	3,35
Main-d'œuvre pour mélanger le coke et l'argile.	8,80
Main-d'œuvre pour la construction de la sole.	8,80
Huile, usure des outils, divers.	1,30
Total.	38,76

Lorsqu'on employait des escarbilles broyées au lieu de bon coke, la valeur des 735 kil. de coke était de 8f,82 au lieu de 16f,51.

OUTILS.

A. *Pour le battage de la sole.*—*Masse en bois*, *fig.* 5, Pl. II. Cet outil est une espèce de gros maillet tout en bois; il sert à tasser la brasque composant la sole. — Poids, 2 kil.

Battes en bois, *fig.* 6. C'est un morceau de bois à peu près cylindrique, muni d'un manche également en bois; on s'en sert pour achever la sole après emploi de la masse et quelque fois pour opérer le battage même. — Poids, 1 kil.

Marteau en fer et acier avec manche en bois, *fig.* 7. Il est destiné au même usage que la batte en bois et est surtout employé à la fin de l'opération, quand l'espace n'est plus assez grand pour travailler aussi facilement avec les autres outils. — Poids 2 kil.

B. *Pour le travail du four.*—*Pelle*, *fig.* 8. Poids, 2 1/2 kil. Cette pelle est en fer avec manche en bois; elle ressemble un peu à une bêche de jardinier; elle sert principalement à charger le charbon dans le foyer et à rejeter les crasses dans le four.

Il y a en outre une pelle ordinaire pour charger le minerai et pour remuer le charbon quand on le place près du four.

Crochet, *fig.* 9. Poids, 9 kil. Outil tout en fer; sert au nettoyage de la grille du foyer.

Ringard, *fig.* 10. Poids, 26 kil. Tout en fer; il sert

à briser le mâchefer qui se forme sur la grille du foyer, à le détacher des parois, à soulever le charbon agglutiné, etc. etc Cet outil est appelé plat-fer par les ouvriers.

Râble, fig. 11. Poids, 11 kil. Outil entièrement en fer. Il sert à remuer le minerai dans le four, à l'étendre sur la sole, à le relever en le poussant vers le haut lorsqu'il est descendu vers la porte de devant, et à ramener les mattes vers la porte de côté à la fin de l'opération.

La platine à l'extrémité de cet outil est usée au bout de 25 jours de travail; elle pèse 1 kil. 3/4; c'est donc pour 25 jours une dépense de 1 3/4×35 (coût des 100 kil. main-d'œuvre comprise), soit $0^f,61$.

Spadelle, fig. 12. Poids, 14 kil. dont 7 1/2 pour le manche. — Tout en fer. — Sert au travail de la galène dans le four. C'est avec cet outil que l'ouvrier détache le minerai agglutiné sur la sole, le soulève et le retourne.

On use en 15 jours les 2/3 de la lame, soit 5 kil. de fer à 35 francs 100 kil. main-d'œuvre comprise, ou $1^f,75$ pour 15 jours.

Grand perceur, fig. 13. Poids, 5 kil. 1/2. C'est une barre de fer rond terminée en pointe, pour percer le trou de coulée dans la rainure de la brique placée immédiatement sous l'ouverture de la porte de devant; on l'emploie aussi pour fermer ce trou, au moyen d'un bouchon d'argile que l'on place à la pointe de l'outil.

Ce perceur doit être allongé une fois par campagne de 45 à 50 jours; pour cette réparation, il faut 4 kil. de fer à 35 francs les 100 kil., main-d'œuvre comprise, ou $1^f,40$.

Petit perceur, fig. 14. Poids 3 kil. 1/2. Ce petit outil sert à nettoyer ou à achever le trou fait avec le grand perceur.

C. *Pour le coulage du plomb en saumons.* — *Écumoire, fig.* 15. Poids, 2 kil. 1/4. Espèce de cuiller à faible courbure, tout en fer, percée de trous comme une écumoire; on l'emploie pour enlever, avant de couler en saumons, les

crasses qui se sont figées à la surface du bain de plomb dans la chaudière.

Grand poêlon, fig. 16. Poids, 18 kil. Est tout en fer et coûte 12 francs.

Lorsque l'on est sur le point de couler un saumon, le manœuvre pose le bec du grand poêlon sur le milieu de l'un des bords de la lingotière; l'autre ouvrier y verse au moyen du petit poêlon un peu plus que la quantité nécessaire pour former un saumon entier; lorsque cette quantité de plomb est dans le grand poêlon, le manœuvre soulève d'une main le manche pour que le plomb coule dans la lingotière, tandis que de l'autre il tient une petite planchette en bois près du bec pour arrêter les crasses qui peuvent encore se trouver sur le plomb; pendant que ce dernier coule dans la lingotière, le brigadier fait glisser verticalement sur la surface du bain deux petites planchettes en bois de noisetier, l'une vers l'autre, et enlève les crasses qu'il a pu encore recueillir et qui sont prises entre les arêtes inférieures des planchettes, lorsque ces dernières sont arrivées l'une contre l'autre.

Il faut bien que l'on emploie le petit poêlon pour remplir le grand, parce qu'il ne serait pas facile de puiser en une fois dans la chaudière la quantité de plomb nécessaire pour un saumon; ce serait dangereux et difficile à porter jusqu'à la lingotière, car il faut de 50 à 51 kil. dans le poêlon pour en couler un.

Lorsque le saumon est fini, on verse dans la chaudière le plomb qui peut encore rester dans le grand poêlon; on retourne ce dernier et l'on frappe sur le sol 2 ou 3 coups pour faire tomber les crasses qui sont restées adhérentes aux parois.

Un grand poêlon dure environ une année de service continu.

Petit poêlon, fig. 17. Poids, 7 kil. dont 3 kil. 1/2 pour le manche en bois. Il sert à puiser le plomb dans la chaudière

pour le verser dans le grand poêlon avant le coulage des saumons.

Sa durée est de 180 jours environ de travail continu.

Lingotière, fig. 18. Poids 53 kil. Elle est en fonte. Lorsque le saumon est entièrement coulé, le brigadier fiche dans le plomb chaud vers chacune des deux extrémités, une petite barre de fer recourbée d'un côté, *fig.* 19; lorsqu'il est suffisamment figé, l'ouvrier soulève le saumon au moyen de ces barres et le dépose sur le sol; la lingotière reste en place; en donnant alors un petit coup sur chaque barre, lorsque le plomb est un peu refroidi, elles se détachent avec la plus grande facilité. Ces barres ne sont enfoncées que de 2 1/2 à 3 centimètres dans le saumon; elles pèsent chacune 1/2 kil.

La lingotière porte en relief sur son fond le nom de la Société qui se trouve ainsi en creux sur chaque saumon.

Un saumon de plomb pèse en moyenne 47 kil.

Usure des outils par jour de travail. — En récapitulant ce qui a été dit à ce sujet, on trouve qu'on use par jour de travail :

	francs
Une platine de rable par 25 jours pour 0f,61, soit par jour.	0,0244
Partie de spadelle par 15 jours pour 1f,75, soit par jour. .	0,1166
Deux barres de grille par campagne de 45 jours en moyenne, soit 45 kilog. à 22 francs les 100 kilog., soit par jour.	0,2200
Perçoir.	0,0511
Écumoirs, chaudières, etc., et imprévus.	0,0155
Total pour un jour de travail.	0,4076

MINERAI DE PLOMB TRAITÉ A LA NOUVELLE MONTAGNE.

Le minerai soumis au traitement procédé Carinthien, est de la galène retirée par la préparation mécanique des minerais extraits des gîtes de sulfures de la Société; ces gîtes se composent de blende, de pyrite, d'un peu de cala-

mine et d'une assez faible proportion de galène; la gangue est argileuse, calcareuse et ferrugineuse; on n'y rencontre pas de quartz.

Après le lavage et par le classement des matières lavées, on retire une assez faible quantité de morceaux de galène pure; la grande proportion se présente en mélange plus ou moins intime avec la blende, la pyrite, la calamine, l'oxyde de fer et le calcaire; et, pour isoler la galène le plus parfaitement possible, il faut broyer ces minerais mélangés et les soumettre à une préparation mécanique longue et coûteuse.

La galène, produit de cette préparation, se trouve à l'état de petites grenailles ou à l'état de schlamms; mais on ne réserve pour le service du four Carinthien que les matières les plus riches, celles qui contiennent au moins 70 p. 100 de plomb; les autres sont ou bien soumises à une nouvelle préparation ou bien traitées au four à manche.

Rarement on rencontre dans ces gîtes le carbonate de plomb associé à la galène; cette substance se présente presque toujours isolée de la galène, et on la traite séparément au four à manche, parce qu'elle est généralement très-mélangée de silice à l'état menu, et qu'elle est difficile à préparer. Comme on en avait rencontré qui était notablement plus pure que d'habitude, on a essayé de la passer au four à réverbère avec la galène riche; à cet effet, on a composé une charge de 250 kil. de galène et de 150 kil. de carbonate, le mélange ayant une tenue moyenne de 60 p. 100 de plomb; mais on a à peine obtenu 30 p. 100 du plomb; le restant, à cause de la silice, de la chaux et de l'alumine qui accompagnaient le carbonate, était passé dans les scories ou dans les mattes; la silice avait produit avec l'oxyde de plomb, un silicate très-fusible qui avait pénétré dans la sole.

Comme la galène que l'on réduit actuellement provient des mêmes gîtes, elle a une composition assez régulière et

l'on n'a pas à se préoccuper beaucoup des modifications à apporter dans la chauffe, comme cela doit avoir lieu, lorsque l'on traite des galènes d'origine et souvent de composition et de nature différentes. C'est un point important, car la conduite du feu, surtout pendant le grillage, n'est pas indifférente ; c'est ainsi qu'ayant passé au four une galène en assez gros morceaux, très-riche et plus pure encore que celle des gîtes de la Société, on n'a obtenu aux premières charges que 60 p. 100 de métal, parce que le grillage avait été conduit comme pour les minerais que l'on traitait d'habitude, tandis que cette galène très-pure, très-tendre, exigeait un grillage à température plus basse.

C'est ainsi encore que lorsqu'on avait à traiter des galènes de deux gîtes de la Société qui étaient voisins, mais dont l'un était un filon et l'autre un amas, la galène du filon qui était plus pure et d'une réduction plus facile, se traitait mieux au commencement de la campagne, tandis que celle provenant de l'amas qui était plus réfractaire et qui exigeait une chauffe plus forte, convenait mieux pour la fin. On cherchait dans tous les cas à les traiter séparément, à cause de cette différence dans leur degré de fusibilité.

La galène en morceaux provenant des gîtes de la Nouvelle Montagne est friable, à facettes assez grandes, facilement clivable, et, comme toutes celles des gîtes connus des bords de la Meuse, ne contient que très-peu d'argent; celle qui est traitée au four à réverbère, provenant en grande partie de minerais mélangés, se trouve à l'état menu ou en petites grenailles; la partie qui n'a pas passé aux broyeurs (en moyenne 15 à 20 p. 100) étant en morceaux plus ou moins gros, est concassée au moyen d'un marteau et ramenée en morceaux de 1 centimètre de diamètre au plus.

La galène provenant de la préparation des minerais mélangés est toujours plus difficile à traiter que celle obtenue directement en morceaux; cette dernière est plus pure, et quand il s'en trouve beaucoup dans une charge, le travail

au four dure toujours 1 heure à 1 heure 1/2 de moins qu'avec la galène provenant de minerais mélangés.

Il est donc assez important que l'ouvrier sache si la proportion de galène pure augmente dans la charge qu'il a à traiter, parce qu'il doit alors diminuer le nombre et la durée des brassages.

Voici la composition du minerai traité dans la campagne; c'est une moyenne de plusieurs analyses.

Galène	93,56 p. 100.
Blende	3,74
Pyrite	2,31
Calcaire	0,35
Argent	traces
Total	99,96

Comme on le voit, ce minerai se trouve dans de bonnes conditions pour être réduit au four Carinthien; on n'y constate pas trace d'arsenic, ni d'antimoine.

Il arrive cependant quelque fois qu'il y a plus de blende; mais l'ouvrier s'en aperçoit tout de suite, et, si la proportion dépasse 10 à 12 p. 100, le rendement est moins avantageux, parce que la blende a empêché mécaniquement le grillage d'une partie de la galène et parce qu'elle a produit la scorification des matières plombeuses qui, ainsi, ne sont pas soumises aux réactions qui doivent engendrer le plomb; en faible proportion et jusqu'à 4 à 5 p. 100, elle facilite le grillage, parce qu'elle rend un peu visqueuse la masse à travailler (les ouvriers disent qu'elle dessèche le mélange).

Nous répétons que la pyrite, en faible quantité, facilite également le grillage en favorisant la transformation de la galène en oxyde et en sulfate de plomb; mais si elle est en forte proportion, elle devient très-nuisible à cause de la tendance qu'a l'oxyde de fer de former, avec le sulfure de plomb, un composé très-fusible (les mattes).

Voici un exemple de l'influence de la blende et de la pyrite en trop grandes quantités.

On a fait une charge composée de 475 kil. de galène riche contenant 80 p. 100 de plomb et de 150 kil. de minerai de deuxième qualité, renfermant 64, 40 p. 100, le restant étant composé, pour ainsi dire, de blende et de pyrite; la charge était donc de 625 kil. ayant une teneur moyenne de 76, 25 p. 100.

On a obtenu 370 kil. de plomb, soit 59, 20 p. 100; presque tout le plomb restant était passé dans les mattes; l'écart, sans tenir compte du métal dans les mattes, était donc de 17,05 unités.

Le même ouvrier a fait ensuite une charge de 625 kil. de la même galène riche à 80 p. 100, et il a obtenu 472 kil. de plomb, soit 75,52 p. 100 sans tenir compte du plomb dans les mattes; l'écart était donc dans ce cas de 4,48 unités au lieu de 17,05 dans la charge précédente.

COMBUSTIBLE.

Le combustible employé pour le chauffage des fours, est de la houille grasse, brûlant à longue flamme et laissant une cendre assez lourde; pendant la plus grande partie du travail, on brûle du charbon assez menu, ne contenant que 6 à 7 p. 100 environ de morceaux dont les plus gros ne dépassent pas le volume du poing; il est plus gailletteux, lorsqu'il est mis à la disposition des ouvriers; mais ces derniers en retirent les plus gros morceaux pour les brûler à la fin du travail, lorsqu'ils doivent donner la plus haute température pour le ressuage; sur les 3 hectolitres 1/2 mis à leur disposition pour une charge de 625 kil. de minerai, ils retirent environ 1/2 hectolitre de morceaux; outre ces 3 hectolitres 1/2 de charbon, ils reçoivent encore 1/2 hectolitre de grosse houille qu'ils réservent avec le 1/2 hectolitre de morceaux mis de côté, pour la dernière partie du travail qui exige une température élevée.

MISE A FEU DU FOUR ET MARCHE DE LA CAMPAGNE.

Premier poste de 24 heures. — Le four étant prêt, on commence à 6 heures du matin par faire dans le foyer, un petit feu à la houille pour opérer le séchage de la sole; on chauffe très-lentement pendant 6 heures pour que la sole ne se crevasse pas et on surveille très-attentivement ce séchage, afin que s'il se produit des fentes, on puisse les boucher tout de suite en frappant avec la batte ou avec la spadelle.

A midi, on jette sur la sole, par la porte de côté (celle près du foyer) 100 kil. environ de minerai de deuxième qualité contenant 45 à 48 p. 100 de plomb; ce sont des minerais mélangés, renfermant de la pyrite, de la blende, de la galène et du calcaire, le tout en schlamms; on étend cette matière à peu près uniformément sur la sole en ayant soin de donner à la couche une plus forte épaisseur dans la partie près de l'autel, parce que c'est cet endroit de la sole qui reçoit la plus forte chaleur; on continue à chauffer doucement jusqu'au lendemain à 5 heures 1/4 du matin, tout en élevant progressivement la température et en brassant 8 à 10 fois la matière, comme s'il s'agissait de la fonte de minerais de bonne qualité. Ces brassages et ressuages ont pour but de faire un peu de plomb, si possible, de former les mattes et surtout d'étendre la matière sur la sole pour boucher les petites crevasses qui peuvent se produire pendant la dessiccation, et enfin pour empêcher l'adhérence de la matière à la sole.

On retire à la fin du travail, par la porte près du foyer et au moyen du râble, les mattes produites par ces 100 kil. de matières plombeuses.

Le premier poste de la campagne dont les détails sont donnés dans la présente notice, a produit pour ces 100 kil. de matières plombeuses, 2 kil. de plomb métallique, 2 kil. 1/2 de crasses riches ou écumages, ayant une

teneur en plomb de 90 p. 100 que l'on réserve pour la charge suivante, et 64 kil. de mattes ayant une teneur de 48 p. 100.

Les mattes produites sont conduites au magasin où elles sont pesées ; et elles sont destinées au four à manche.

Tout ce travail du premier poste est fait par un seul ouvrier, le brigadier.

Deuxième poste de 24 heures. — Lorsque les mattes du premier poste ont été retirées du four, la température dans ce dernier est assez élevée pour permettre de faire une charge de minerais de 64 à 65 p. 100 de teneur en plomb.

A cet effet, un poste composé d'un brigadier et de son manœuvre, arrive sur les lieux à 6 heures du matin ; pendant que le brigadier nettoie la grille du foyer et soigne le feu, le manœuvre va chercher au magasin 300 kil. de minerai à 64 ou 65 p. 100 de plomb qui constituent la charge à traiter de 6 heures du matin à 6 heures du soir; on jette les 300 kil. dans le four par la porte de côté ; on brasse principalement par cette porte et on coule dans les lingotières, le plomb qui est venu s'accumuler dans la chaudière à l'extérieur du four.

On retire les mattes vers 5 heures du soir.

Pendant cette charge, on a passé dans le four les 2 kil. 1/2 de crasses riches de la charge précédente, et le dernier écumage en a laissé 15 kil. qui seront traitées avec la charge suivante.

A 6 heures du soir, la même brigade fait sa deuxième charge également de 300 kil. du même minerai à 64 p. 100 de plomb, plus les 15 kil. de crasses de la charge précédente.

Vers 5 heures 1/4 du matin, le travail de brassage, de coulage et de tirage des mattes est fini ; le dernier écumage a donné 15 kil. de crasses réservées pour le poste suivant; on va au magasin faire peser le plomb obtenu pendant les 24 heures, et l'on procède aussi au pesage des mattes,

après qu'un aide du laboratoire a fait des prises d'essai pour déterminer leur teneur en plomb.

A partir du deuxième poste, on considère depuis quelque temps, que le four, sans traiter encore le maximum de galène, est en allure régulière; on dit alors qu'il est *à poids*, c'est-à-dire que les ouvriers reçoivent des primes ou subissent des retenues, suivant que le rendement en plomb a été supérieur ou inférieur à une limite fixée d'après la teneur.

Troisième poste de 24 heures. — Le brigadier qui a fait le service du premier poste de 24 heures et qui s'est reposé pendant le deuxième, commence avec son manœuvre, à 6 heures du matin, le troisième poste qui comprend, comme le deuxième et les suivants, deux charges, l'une à 6 heures du matin, l'autre à 6 heures du soir.

Le minerai qui passe au four est du minerai riche; chaque charge se compose de 400 kil. de galène riche; à partir de cette quatrième charge et jusqu'à la fin de la campagne, on n'a plus à passer que de la galène riche.

Le travail est le même que pour les charges du poste précédent; on brasse un peu plus souvent, puisque la quantité de matières à réduire est plus forte.

La première charge a traité 15 kil. de crasses de la précédente et on en a laissé 10 kil. pour la deuxième qui en laisse à son tour 15 kil. pour la suivante.

Quatrième poste de 24 heures. — Les postes toujours composés et jusqu'à la fin de la campagne d'un brigadier et d'un manœuvre, se relèvent alternativement de 24 en 24 heures.

Pendant le quatrième poste, on fait deux charges de 500 kil. chacune de galène riche.

On peut compter jusqu'à la fin de la campagne, que chaque charge utilise en moyenne 8 à 15 kil. de crasses de la charge antérieure et en laisse également 8 à 15 kil. pour la suivante.

Certains ouvriers préfèrent conserver les crasses de leur

dernière charge pour les passer eux-mêmes à leur prochain poste; ils disent qu'ils laissent des crasses plus riches que celles qu'ils reçoivent de l'autre brigade. Rien ne s'oppose à ce que le roulement s'établisse comme ces ouvriers le demandent.

Cinquième et sixième poste de 24 heures. — Pendant les cinquième et sixième postes, on passe deux charges de 550 kil. chacune.

Septième et huitième poste de 24 heures. — On fait deux charges de 575 kil. de galène chacune.

Neuvième et dixième poste.—Les charges sont de 600 kil. de galène chacune.

Onzième poste et suivants. —A partir de ce poste et jusqu'à la fin de la campagne, les charges sont de 625 kil. de minerai chacune.

Le premier poste reçoit pour 24 heures 6 hectolitres de charbon de grille, et les autres 8 hectolitres jusque vers le 32ᵉ jour de marche; du 32ᵉ jour jusqu'à la fin de la campagne, il arrive souvent que l'on doive donner 1/2 hectolitre de plus par 24 heures.

Voici la détermination approximative de la perte ou dépense qu'occasionne une mise à feu; les chiffres se rapportant aux 10 premiers jours, sont mis en regard de ceux du restant de la campagne et résultent du journal qui est donné plus loin.

LIBELLÉS.	PENDANT les dix premiers jours.	PENDANT le restant de la campagne.
Plomb produit. kilog.	6.220,00	36.120,00
Quart du plomb contenu dans les mattes. . . kilog.	66,87	248,23
Total du plomb obtenu dont il est tenu compte dans les calculs ci-après. . . . . kilog.	6.286, 7	36.368,23
Main-d'œuvre en tenant compte des primes et des retenues, pour 100 kilog. de plomb obtenu. . . fr.	1,51	1,32
Dépense pour charbon, pour 100 kilog. de plomb obtenu, le charbon étant coté à 1 fr. l'hectol. . . fr.	1,24	0,92
Dépense pour 100 kilog. de plomb obtenu pour outils à raison de $0^f,41$ par jour de travail. . . . . . . fr.	0,065	0,046
Écart entre la teneur et le rendement en plomb y compris 1/4 du plomb contenu dans les mattes. . . . . unités	7,34	4,80
Minerai chargé. . . . . kilog.	9,400	50.650,00
Perte en plomb, comparaison faite avec le rendement en allure régulière : 7,34—4,80=2,54×94,0. .	238,76	»

Ainsi, par la mise à feu, on a perdu sur le rendement moyen lorsque l'on est en allure régulière :

	francs.
En main-d'œuvre : 1,51 — 1,32 = 0,19 × 62,87.	11,95
En charbon : 1,24 — 0,92 = 0,32 × 62,87.	20,12
En consommation d'outils, etc.	1,19
Par différence dans le rendement : $238^k,76$ à 45 francs net les 100 kilog.	107,44
Total.	140,70
Si on ajoute la dépense pour reconstruction d'une sole, donnée précédemment, soit.	38,76
On trouve.	179,46

pour une campagne, soit, en admettant une durée moyenne de 45 jours, 4 francs par jour.

On n'a pas tenu compte du plomb que l'on retire encore des oxydes des chambres de condensation et des conduitsé parce qu'on ne peut déterminer exactement la quantité produite pendant les dix premiers jours ; d'ailleurs, on n'a pas eu égard aux frais généraux et autres petites dépenses accessoires, ce qui établit la compensation.

DESCRIPTION DU TRAVAIL D'UN POSTE DE 24 HEURES QUAND LE FOUR EST EN ALLURE RÉGULIÈRE (*).

Première charge. — A l'arrivée du brigadier et de son manœuvre à 6 heures du matin, la glissière se trouve fermée, la température du four est le rouge sombre, au lieu du rouge blanc qu'elle était, lorsque le poste précédent a quitté.

Le brigadier va chercher une brouette de charbon au magasin, soulève ensuite la glissière de $0^m,06$ et soigne le feu; si, par exception, la galène à traiter se trouvait en forte proportion à l'état très-pulvérulent, la glissière ne pourrait être levée que de 1 à 2 centimètres pour éviter la perte de galène par le tirage.

Pendant que le brigadier exécute ces diverses opérations, le manœuvre va chercher le minerai; la première brouette arrive à 6 heures 13 minutes; le brigadier jette la galène dans le four par la porte de côté et l'étend avec le râble sur la sole, ce qui demande 5 minutes; il referme la porte. A 6 heures 18 minutes, la deuxième brouette de galène est amenée par le manœuvre; le brigadier l'introduit et l'étend dans le four; à 6 heures 24 minutes, la troisième et dernière brouette de galène arrive, les deux ouvriers jettent le minerai dans le four, le brigadier l'étend sur la sole et referme la porte pendant 12 minutes pour laisser échauffer la matière qui, étant un peu humide, a refroidi le four.

On a chargé en tout 625 kilogrammes de galène d'une teneur en plomb de 77,60 p. 100.

A son entrée dans le four, la galène décrépite et se divise en morceaux; plus elle est pure, moins la décrépitation est prononcée.

(*) Chef de fabrication, M. J. B. Thirion; chimiste de la société, M. Reinisch.

A 6 heures 28 minutes, on charge deux pelletées de charbon dans le foyer.

Depuis le commencement de l'opération, la porte du foyer est fermée et n'est ouverte que pendant le temps nécessaire pour jeter le charbon sur la grille; le charbon dépasse de 3 centimètres le sommet de la brique de gueule.

Après avoir lancé les deux pelletées de combustible, les ouvriers vont assister à la pesée du plomb produit par le poste précédent.

A 6 heures 40 minutes, les deux ouvriers sont revenus au four; le brigadier remue le minerai avec le râble pendant 3 minutes ; il pique le feu avec le crochet et jette 4 pelletées de charbon; la couche de charbon dépasse alors de nouveau la brique de gueule.

A 6 heures 50 minutes, on commence à brasser la matière avec le râble pendant 5 minutes, par la porte de côté, puis pendant 3 minutes par la porte de devant et ensuite pendant 2 minutes par la porte de côté.

En général, plus la galène est menue, plus il faut de temps pour l'échauffer convenablement, l'air chaud ne circulant pas aussi facilement que lorsque la matière à réduire est à l'état de grenailles.

A 7 heures 2 minutes, on retourne la matière avec la spadelle pendant 5 minutes par la porte de côté et on la travaille ensuite avec le râble, pendant 8 minutes par la même porte; puis pendant 1 minute avec la spadelle et enfin pendant 1 minute avec le râble ; il est 7 heures 17 minutes ; on fait tomber de la grille quelques morceaux de mâchefer pour activer la combustion.

Chaque fois que l'on a travaillé avec la spadelle ou avec le râble, on a soin, avant de sortir l'outil du four, de le frapper avec un marteau au bout du manche pour faire tomber dans le four les matières qui sont restées adhérentes à l'autre extrémité.

A 7 heures 22 minutes, on remue de nouveau jusqu'à 7 heures 41 minutes, d'abord pendant 4 minutes par la porte de côté avec la spadelle pour retourner la matière, puis avec le râble pendant 10 minutes et ensuite pendant 3 minutes, par la porte de devant avec la spadelle pour relever la matière, puis pendant 2 minutes avec le râble.

Après 3 minutes de repos, on retourne de nouveau la galène avec la spadelle par la porte de côté, puis on la remue avec le râble ; ensuite, par la porte de devant, on relève avec le râble la charge qui est descendue vers cette porte: on la remue avec la spadelle, puis on travaille encore par la porte de côté avec la spadelle et après avec le râble ; ainsi de suite pendant 36 minutes.

A 8 heures, on place un peu de charbon allumé sur le trou de coulée, pour que le plomb ne s'y fige pas et pour empêcher que l'air pénètre dans le four par ce trou.

Presque pour tous les brassages, on commence d'abord par la porte de côté avec la spadelle pour retourner la matière sur la sole ; ensuite on la remue avec le râble ; puis au contraire, par la porte de devant, on prend le râble pour relever la matière vers le haut avant de faire usage de la spadelle.

En général, la durée du travail avec le rable par la porte de devant est le double de celui avec la spadelle, tandis que par la porte de côté, on travaille plus avec la spadelle qu'avec le râble.

A 8 heures 24 minutes, on recommence à brasser jusqu'à 8 heures 37 minutes.

La galène est à peu près grillée : on voit apparaître les premières gouttes de plomb.

On donne un coup de crochet à la grille du foyer et l'on y jette une pelletée de charbon.

On brasse de 8 heures 44 minutes à 9 heures et de 9 heures 10 minutes à 9 heures 15 minutes. Le plomb commence à arriver seul dans la chaudière.

On brasse encore de 9 heures 16 minutes à 9 heures 21 minutes et on remonte la glissière de 0^{m},06 de manière qu'elle est alors levée de 0^{m},12. A ce moment, la matière sur la sole est devenue pâteuse.

On donne un coup de ringard (plat fer) et de crochet entre les barreaux de la grille; on charge 4 pelletées de charbon.

De 9 heures 30 minutes à 9 heures 41 minutes, brassage d'abord avec la spadelle, puis avec le râble par la porte de côté, ensuite avec le râble par la porte de devant. On voit le plomb ruisseler de toutes parts dans le four: on le fait arriver dans la chaudière. Le manœuvre va chercher deux brouettes de charbon au magasin.

A 9 heures 43 minutes, on brasse pendant une minute avec le râble par la porte de côté; à ce moment, il y a environ 25 kilog. de plomb fondu dans la chaudière.

De 9 heures 50 minutes à 10 heures, brassage pendant 6 minutes avec la spadelle par la porte de côté, puis 1 minute avec le râble, puis 3 minutes avec la spadelle par la porte de devant.

On ajoute 3 pelletées de charbon sur le feu.

De 10 heures 4 minutes à 10 heures 15 minutes, brassage par la porte de côté pendant 5 minutes avec la spadelle, et par la porte de devant, pendant 3 minutes avec le râble, puis pendant 3 minutes par la porte de côté avec la spadelle.

On charge 3 pelletées de charbon sur la grille après avoir donné un coup de crochet. Le manœuvre enlève et transporte les cendres du foyer.

A 10 heures 20 minutes, la matière est devenue pâteuse; on jette une pelletee de charbon sur la sole vers le bas du four pour ressuer: on fait couler le plomb.

De 10 heures 20 minutes à 10 heures 30 minutes et de 10 heures 38 minutes à 10 heures 49 minutes, on fait deux brassages de 3 et de 6 minutes avec la spadelle, de 5 et 3 minutes avec le râble par la porte de côté et de 2 minutes avec le râble par la porte de devant.

On chauffe le grand poêlon dans le four.

Avec la petite cuiller à trous, on écume les crasses qui recouvrent le plomb dans la chaudière, et l'on coule le *premier saumon* à 10 heures 53 minutes.

Lorsque le plomb est dans la lingotière, on y plante près de chaque extrémité une fiche en fer, *fig.* 19, Pl. II, pour enlever le saumon, lorsqu'il est suffisamment refroidi; on vide la lingotière et l'on procède au coulage du *deuxième saumon* à 11 heures. On a soin de placer le petit poêlon dans le bain de plomb pour que le métal n'y adhère pas lorsqu'on le puisera.

On rejette dans le four, par la porte de côté, les crasses provenant de l'écumage dans la chaudière, du nettoyage à la surface du plomb pendant qu'on le coule dans la lingotière et celles qui sont restées adhérentes au grand poêlon; il y en a 37 kilog. Le grand poêlon est placé sous le foyer pour le tenir échauffé.

On recharge la grille et l'on élève progressivement la température.

On reprend le brassage à 11 heures pendant 8 minutes avec la spadelle, par la porte de côté, puis par la porte de devant, on relève la matière vers le haut du four avec le râble pendant 5 minutes.

Le plomb coule assez abondamment dans la chaudière, ce qui est dû en partie à la fonte des crasses que l'on a remises dans le four.

On a soin de placer sur la chaudière une plaque en tôle pour conserver la chaleur et empêcher, autant que possible, l'oxydation et l'encrassement du plomb qui s'y trouve.

Après avoir chauffé le grand poêlon, on coule le *troisième saumon* à 11 heures 18 minutes.

Le brigadier enlève le mâchefer avec le ringard et cherche à élever la température; il place de nouveau du charbon sur le trou de coulée.

A 11 heures 23 minutes, on retourne la matière avec la

spadelle pendant 4 minutes et avec le râble pendant 1 minute, par la porte de côté, et ensuite avec la spadelle pendant 4 minutes, par la porte de devant.

On jette de nouveau une pelletée de charbon dans le four pour faire un ressuage, ensuite on remue encore pendant 3 minutes avec le râble par la porte de côté.

On chauffe le poêlon, et après avoir écumé, on coule le *quatrième saumon* à 11 heures 43 minutes; l'écumage donne 33 kilog. de crasses qui sont rejetées dans le four.

A 12 heures, on reprend le brassage pendant 2 minutes avec la spadelle et 2 minutes avec le râble, par la porte de côté, puis pendant 3 minutes avec le râble et 2 minutes avec la spadelle, par la porte de devant.

On fait couler le plomb dans la chaudière et l'on donne un coup de rable par la porte de côté.

De 12 heures 16 minutes à 12 heures 26 minutes, brassage par les deux portes. Ensuite on place une pelletée de charbon sur le trou de coulée; on en jette 9 pelletées sur la grille.

De 12 heures 35 minutes à 12 heures 42 minutes, brassage pendant 2 minutes avec la spadelle et 2 minutes avec le râble, par la porte de côté et 3 minutes avec le râble par la porte de devant.

On laisse couler le plomb.

A partir de ce moment, on n'emploie plus la spadelle par la porte de devant, parce que la matière étant plus fluide, peut être relevée vers le haut avec le râble:

On jette encore 3 pelletées de charbon sur le feu; on enlève un des barreaux de la grille, on détache le mâchefer et l'on remet le barreau.

Le manœuvre va chercher un hectolitre de charbon: le brigadier en jette 4 pelletées dans le foyer et une sur le trou de coulée.

De 1 heure 8 minutes à une heure 16 minutes, brassage de 2 minutes avec la spadelle, 2 minutes avec le râble par

la porte de côté, et ensuite 4 minutes par la porte de devant.

De 1 heure 28 minutes à 1 heure 35 minutes, brassage; on laisse encore couler le plomb.

De 1 heure 42 minutes à 1 heure 49 minutes, on brasse; on écume les crasses et l'on coule le *cinquième saumon* à 1 heure 55 minutes. On obtient 77 kilog. de crasses que l'on rejette dans le four par la porte de côté.

On coule le *sixième saumon* à 2 heures 2 minutes; on laisse arriver le plomb.

On élève la glissière de 9 centimètres, et elle reste dans cette position jusqu'à la fin du travail de la charge.

De 2 heures 5 minutes à 2 heures 12 minutes, brassage; on fait couler le plomb; on écume les crasses (64 kilog.), on jette 10 pelletées de charbon dans le foyer; on brasse de 2 heures 20 minutes à 2 heures 27 minutes, et l'on coule le *septième saumon* à 2 heures 34 minutes.

On met du charbon sur le trou de coulée et à 2 heures 37 minutes, on introduit dans le four les 64 kilog. de crasses. On brasse de 2 heures 47 minutes à 2 heures 49 minutes, par la porte de côté avec la spadelle; on fait encore couler le plomb.

A 2 heures 54 minutes, on place quelques gros morceaux de charbon à l'entrée de la grille. A 2 heures 57, on brasse pendant 1 minute avec la spadelle et 2 minutes avec le râble par la porte de côté et pendant 3 minutes par la porte de devant. On fait encore couler le plomb dans la chaudière, on active le feu en travaillant la grille avec le ringard et le crochet; le manœuvre va chercher au magasin la galène qui doit être traitée pendant la nuit, et la prépare près du four.

Le brigadier casse la grosse houille et en fait des morceaux de la grosseur du poing; il lance 4 pelletées de charbon et de houille dans le foyer; la température va en augmentant.

A 3 heures 16 minutes, on remue avec la spadelle par la porte de côté pendant 2 minutes; la matière est très-pâteuse; on jette du menu charbon dans le four, pour faire le ressuage; on brasse pendant 4 minutes par la porte de devant.

A partir de ce moment, on ne brasse plus que par la porte de devant.

On chauffe le grand poêlon, on écume les crasses dans la chaudière (39 kilog.), et on les remet dans le four par la porte de devant, tandis que toutes les autres ont été introduites par la porte de côté; on les charge par la porte de devant, parce que le four étant à une température plus élevée que précédemment, les mattes sont plus fluides et seraient plus facilement entraînées vers le bassin avec le plomb qui s'écoule des crasses, si ces dernières étaient placées comme les autres vers la tête de la sole.

On fait couler le plomb ; à 3 heures 35 minutes on brasse pendant 4 minutes. A 3 heures 47 minutes, on lance dans le foyer du gros charbon ramené à la grosseur du poing, et l'on brasse pendant 3 minutes.

Il faut observer que les derniers brassages se font plus lestement, afin de n'ouvrir la porte que le moins longtemps possible.

On chauffe le grand poêlon, on écume les crasses (34 kil.) et l'on coule le *huitième saumon* à 3 heures 54 minutes. On jette les 34 kilog. de crasses dans le four, on fait couler le plomb et on nettoie la grille. Le feu est à ce moment très-violent; la porte de côté rougit; on soulève la croûte du feu, on égalise la couche de combustible sur la grille et on charge encore du gros charbon. A 4 heures 6 minutes, on brasse pendant 1 minute et l'on soigne le petit feu sous la chaudière.

A 4 heures 8 minutes, la matière dans le four est très-fluide; on y mélange des escarbilles broyées pour ressuer. On brasse encore de 4 heures 8 minutes à 4 heures 12 mi-

nutes; on fait couler le plomb, on écume le bain et l'on jette les crasses (19 kilog.) dans le four. On fait couler le plomb, on brasse de 4 heures 23 minutes à 4 heures 25 minutes; on jette encore quelques morceaux de houille dans le foyer; on écume, on lance les crasses (24 kilog.) dans le four, et on coule le *neuvième saumon* à 4 heures 40.

De 4 heures 42 à 4 heures 46 minutes, on brasse; on fait couler le plomb; la température du four est à son point le plus élevé.

A 4 heures 50 minutes on donne encore un coup de ringard à la grille; on écume les crasses (19 kilog.); on charge du gros charbon sur la grille pour élever encore la température si possible, afin d'épuiser les mattes autant qu'elles doivent l'être : ensuite on fait couler le plomb.

A 5 heures on brasse pendant 4 minutes.

Le manœuvre place sous la porte de côté du four une brouette en tôle de fer dans laquelle il verse un peu d'eau.

A 5 heures 9 minutes, on brasse; pendant ce brassage, le manœuvre tire les mattes avec le râble par la porte de côté et les fait tomber dans la brouette en tôle, opération qui dure 5 minutes; il tire 70 kilog. de mattes; il conduit la brouette à la pompe et verse de l'eau sur les mattes pour les refroidir.

Immédiatement après la sortie des mattes, le brigadier jette lestement, toujours par la porte de devant, les 19 kil. de crasses du dernier écumage, les brasse pendant 1 minute et laisse arriver dans la chaudière le plomb qui en provient; il écume encore ce plomb et en retire 8 kilog. de crasses.

Le brigadier fait ensuite descendre la glissière de manière que l'ouverture n'ait plus que $0^{m},06$ de hauteur.

A 5 heures 22 minutes, on coule le *dixième saumon* qui n'est ordinairement que la moitié des autres.

Les dernières crasses obtenues (8 kilog.) sont réservées pour être utilisées dans la charge suivante.

L'opération du jour est finie à 5 heures 23 minutes.

La porte du foyer a toujours été fermée, si ce n'est pendant les chargements du charbon sur la grille.

Le produit de cette première charge a été de 452 kilog. de plomb et 55 kilog. de mattes ayant une teneur en plomb de 14 p. 100 ; on a fait en tout 354 kilog. de crasses dont 346 ont été remises dans le four pendant le travail, ainsi que les 8 kilog. provenant de la charge précédente.

Deuxième charge par les mêmes ouvriers. — A 5 heures 24 minutes du soir, les deux ouvriers jettent ensemble dans le four les 625 kilog. de galène qui constituent la charge de nuit et ils l'étendent sur la sole, ce qui demande 4 minutes de travail.

Cette galène a également une teneur en plomb de 77,60 p. 100.

La glissière n'est toujours levée que de 0m,06 ; on ouvre totalement la porte du foyer pour laisser refroidir le four qui, à la fin de l'opération du jour, était à une température très-élevée.

A 5 heures 30 minutes, on remue la charge pendant 6 minutes avec le râble par la porte de côté; à 5 heures 46, on ferme la porte du foyer et on brasse par la porte de côté pendant 4 minutes avec le râble et ensuite par la porte de devant, pendant 4 minutes avec la spadelle; puis encore 3 minutes avec le râble, par la p[illegible]

Les premiers brassages de la charge de nuit sont vifs et fréquents, à cause de la température assez élevée du four.

On brasse de nouveau de 5 heures 59 minutes à 6 heures 15 minutes, d'abord 3 minutes, par le côté, à la spadelle, 4 minutes au râble, puis 4 minutes par devant à la spadelle et 5 minutes avec le râble. On reprend à 6 heures 17 minutes par le côté, 3 minutes avec le râble ; à 6 heures 25 minutes, on travaille 6 minutes par le côté avec la spadelle, 4 minutes avec le râble, puis par le devant, 2 minutes avec le râble,

2 minutes avec la spadelle, puis par le côté, encore 2 minutes avec le râble.

De 6 heures 52 minutes à 7 heures 10 minutes, brassage; on charge pour la première fois la grille, la couche de combustible étant descendue beaucoup en dessous de la brique de gueule.

A 7 heures 13 minutes on brasse encore avec la spadelle par le côté, pendant 6 minutes, ensuite 4 minutes avec le râble, puis par devant 3 minutes avec le râble et 4 avec la spadelle.

On voit les premières gouttes de plomb apparaître sur la couche de minerai.

On jette dans le four par la porte de côté, les 8 kilog. de crasses restant de l'opération précédente.

A 7 heures 30 minutes, on fait couler pour la première fois le plomb dans la chaudière, et on place ensuite du charbon allumé sur le trou de coulée.

A 7 heures 33 minutes, brassage de 2 minutes avec le râble par le côté et à 7 heures 39 minutes, brassage par le côté de 3 minutes avec spadelle et 2 avec râble.

A 7 heures 47 minutes, on jette deux pelletées de charbon sur la grille; on brasse ensuite par l'une et l'autre porte pendant 5 minutes.

A 7 heures 55 minutes, on brasse pendant 13 minutes; le plomb coule facilement. Après chaque brassage, comme cela a lieu pour le poste de jour, l'ouvrier fait arriver le plomb dans la chaudière en débouchant le trou de coulée, s'il est obstrué.

A 8 heures 11 minutes, brassage de 3 minutes avec râble par le côté; on enlève le mâchefer au ringard; on brasse pendant 11 minutes et, en même temps, on soigne le feu; après avoir un peu soulevé le combustible sur la grille, on jette 3 pelletées de charbon dans le foyer pour ramener la couche au niveau de la brique de gueule.

A 8 heures 30 minutes, il y a environ 25 kilog. de plomb fondu dans le bassin; brassage 1 minute.

A 8 heures 34 minutes, on jette du charbon sur le trou de coulée; à 8 heures 35 minutes on relève la glissière de 0m.06 pour lui donner 0m.12 d'ouverture; on brasse encore alternativement par l'une et l'autre porte pendant 14 minutes.

A 8 heures 51 minutes, le plomb qui ruisselle de toutes parts, sur la sole, coule abondamment dans la chaudière. On brasse 2 minutes.

A 8 heures 57 minutes, on ajoute 3 pelletées de charbon sur le feu, et l'on reprend le brassage de 8 heures 58 à 9 heures 12 minutes.

A 9 heures 16 minutes, on écume les crasses (58 kilog.); on chauffe le grand poêlon sous le foyer; on brasse encore de 9 heures 19 minutes à 9 heures 29 minutes; on coule le *premier saumon* à 9 heures 34 minutes.

On chauffe le grand poêlon et on coule le *deuxième saumon* à 9 heures 40 minutes, après avoir jeté les crasses dans le four.

Le plomb provenant des crasses coule abondamment. On reprend le brassage à 9 heures 42 minutes, pendant 5 minutes et à 9 heures 48 aussi 5 minutes ; on met dans le foyer quelques pelletées de charbon.

On chauffe le grand poêlon, on écume les crasses et on coule le *troisième saumon* à 9 heures 57. On jette les crasses (35 kilog.) dans le four par la porte de côté; on chauffe encore le poêlon et on coule le *quatrième saumon* à 10 heures 5 minutes.

On brasse de 10 heures 6 minutes à 10 heures 16 minutes; la matière devient pâteuse dans le four; on jette une pelletée de fin charbon pour la ressuer. On écume et on coule le *cinquième saumon* à 10 heures 20. On jette dans le four les crasses du dernier écumage (36 kil.).

On charge 3 pelletées de charbon sur la grille; le ma-

nœuvre va en chercher une brouette ; on brasse de 10 heures 28 minutes à 10 heures 35 minutes, et de 10 heures 40 minutes à 10 heures 48 minutes.

A 10 heures 50 minutes, on casse le mâchefer pour activer le feu.

A 10 heures 57 minutes, on jette 4 pelletées de charbon dans le foyer ; à 11 heures on brasse pendant 9 minutes et à 11 heures 7 minutes, on met une pelletée de charbon sur le trou de coulée.

A partir de ce moment, la matière étant très fluide, on n'emploie plus la spadelle par la porte de devant.

De 11 heures 20 à 11 heures 28 minutes, brassage dont 3 minutes par devant.

A 11 heures 35 minutes, on tisonne le feu et l'on y jette 4 pelletées de charbon. De 11 heures 40 minutes, brassage de 8 minutes, dont 3 minutes par devant.

A 11 heures 52 minutes, on jette du charbon dans le foyer pour faire voûte, on brasse de 11 heures 57 à 12 heures 1 minute.

A 12 heures 8 minutes, on enlève le mâchefer, on égalise le feu dans le foyer ; à 12 heures 15 minutes, on charge la grille et l'on brasse de 12 heures 18 minutes à 12 heures 25 minutes. On écume à 12 heures 30 et les crasses (42 kil.) sont jetées dans le four par la porte de devant. On coule le *sixième saumon* à 12 heures 37 minutes.

A 12 heures 40 minutes, on relève la glissière de 9 centimètres.

A 12 heures 43 minutes, on coule le *septième saumon*.

A 12 heures 45 minutes, on casse des houilles à la grosseur du poing et on les jette dans le foyer. On brasse pendant 10 minutes dont 5 minutes par le devant. On écume 38 kilog. de crasses que l'on jette dans le four ; on brasse de 1 heure 10 à 1 heure 17 minutes ; on écume 33 kilog. de crasses que l'on rejette par le devant.

A partir de ce moment, l'on n'emploie plus la spadelle.

On coule le *huitième saumon* à 1 heure 30.

On charge quelques pelletées de charbon sur la grille; on brasse de 1 heure 37 à 1 heure 41 minutes et de 1 heure 42 minutes à 1 heure 50 minutes par devant; le four est très-chaud et les matières en fusion très-ramollies.

A 1 heure 55 minutes, on casse de la houille. De 2 heures à 2 heures 4 minutes, brassage par le côté; tous les brassages que l'on fera encore seront exécutés avec le râble par la porte de devant seule.

De 2 heures 5 minutes à 2 heures 7 minutes brassage; à 2 heures 8 minutes, on tisonne et on jette des morceaux de houille sur la grille. A 2 heures 12 minutes, on place du charbon sur le trou de coulée, ainsi que sous la petite chaudière; on brasse de 2 heures 22 minutes à 2 heures 28 minutes; le feu est vif; la porte de côté commence à rougir.

A 2 heures 38 minutes, on jette du charbon dans le foyer; la matière est très-fluide, on introduit du fin charbon dans le four (1 pelletée) pour ressuer. On brasse de 2 heures 42 minutes à 2 heures 48.

A 2 heures 55 minutes, on casse encore du charbon, on donne un coup de ringard, et on charge la grille. On écume 46 kilog. de crasses que l'on remet dans le four; on brasse de 3 heures 5 minutes à 3 heures 11 minutes et de 3 heures 21 minutes à 3 heures 31.

A 3 heures 30 minutes, on lance une pelletée de charbon dans le four pour ressuer: la porte de côté est rougie; le feu est très-violent.

A 3 heures 40 minutes, on soigne encore le feu; on brasse de 3 heures 45 minutes à 3 heures 48 minutes; le feu est des plus vifs, aussi les matières dans le four sont pour ainsi dire liquides. On chauffe le grand poêlon, on écume; à 4 heures, on coule le *neuvième saumon*.

A 4 heures 7 minutes, on brasse pendant 2 minutes; en-

suite on jette 1/2 pelletée de charbon dans le four pour ressuer; on pèse 35 kilog. de crasses; de 4 heures 20 minutes à 4 heures 25 on brasse, tout en retirant les mattes que l'on fait tomber dans une brouette en tôle.

A 4 heures 28 minutes, on jette les 35 kilog. de crasses dans le four et on les brasse de 4 heures 39 minutes à 4 heures 41; on chauffe le grand poêlon, on écume encore (8 kilog.) et on coule le *dixième saumon* à 4 heures 43 minutes.

A 4 heures 45 minutes, on laisse descendre la glissière et l'opération est terminée.

Les crasses provenant du dixième saumon sont mises à part et seront jetées dans le four après les premiers brassages de la charge suivante.

Les mattes et le plomb des deux opérations sont conduits près du magasin pour être pesés à 7 heures du matin, en présence du surveillant et d'un des deux ouvriers du poste qui commence. Après la pesée, l'aide-chimiste fait une prise d'essai sur les mattes pour en déterminer la teneur en plomb.

Le produit de cette deuxième charge a été de 460 kilog. de plomb et de 81 kilog. de mattes à 26 p. 100 de teneur en plomb.

Les brigades n'ont pas toujours la même manière d'opérer; les uns brassent plus souvent et pendant plus longtemps que les autres; il arrive parfois qu'elles n'obtiennent pas de meilleurs résultats que celles qui brassent moins, si ces dernières sont plus habiles, savent mieux remuer la matière et la placer dans de meilleures conditions pour la production des réactions chimiques que l'on cherche à obtenir.

Les deux postes dont le détail vient d'être donné se rapportent à une brigade (que nous désignerons sous la lettre A) qui, d'habitude, brasse souvent et longtemps; nous dirons ici qu'il convient de ne pas le faire davantage, parce qu'on

obtiendrait des résultats moins bons ainsi que l'expérience l'a établi.

Nous mettrons en regard des résultats de cette brigade A, les données analogues pour une autre brigade B qui opère moins de brassages.

BRIGADES.		DURÉE DU BRASSAGE.				TOTAUX des heures de brassage.	PLOMB produit.
		Par la porte de côté		Par la porte de devant			
		avec la spadelle.	avec le râble.	avec la spadelle.	avec le râble.		
		h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	kilog.
A	Jour.	1,34	1,28	0,27	1,35	5,05	452
	Nuit.	1,08	1,33	0,34	1,58	5,18	460
							912
B	Jour.	1,12	0,42	0,41	0,43	3,18	456
	Nuit.	0,58	0,45	0,46	0,51	3,20	461
							917

Il résulte de ces chiffres que la brigade A a brassé sensiblement plus que la brigade B et qu'elle a produit 5 kilog. de plomb en moins.

On ne doit pas en conclure que la manière de travailler de la brigade B, soit celle qu'il faille adopter de préférence; à la suite de divers essais, on a engagé la brigade A à brasser un peu moins qu'elle ne l'avait fait dans l'exemple cité plus haut, et il est résulté de nombreux relevés, qu'ayant diminué la durée et le nombre de ses brassages, tout en brassant cependant plus encore que la brigade B, elle a toujours obtenu un résultat meilleur que cette dernière.

Les deux exemples cités ci-dessus qui ont été choisis à dessein, peuvent donc être considérés comme donnant pour la durée du brassage, quand on a à traiter des minerais comme ceux de la Nouvelle Montagne, des limites supérieure et inférieure qu'il est convenable de ne pas atteindre et entre lesquelles il faut savoir rester, tout en modifiant tant soit peu le travail, suivant que le minerai à traiter est un peu plus ou un peu moins riche en plomb.

FIN DE LA CAMPAGNE. — MISE HORS FEU DU FOUR.

Une campagne finit pour ainsi dire brusquement, quand la sole est usée au point de laisser passer le plomb entre la brasque et le pavé du four ; lorsque cela arrive, on arrête immédiatement. C'est d'ordinaire dans le creux qui s'est formé dans la sole à l'endroit où elle a été le plus fortement mangée, c'est-à-dire aux environs du trou de coulée, qu'a lieu la perforation de la brasque.

Après la dernière coulée, on enlève les mattes qui sont dans le four ; on fait tomber le feu du foyer, on jette dans le four, l'argile qui doit servir à la reconstruction de la sole et on ferme toutes les portes.

Au bout de 18 à 24 heures, on retire l'argile qui se trouve suffisamment séchée, et deux jours après, le four est assez refroidi pour qu'un ouvrier puisse y entrer et y travailler sans inconvénient. On procède alors à l'enlèvement de ce qui reste encore de la sole.

Les *fig.* 6,7 et 8, Pl. I, représentent la sole et l'intérieur du four après une campagne de 51 jours ; on voit que la sole a été mangée sur presque toute sa surface et principalement près de la porte de devant, où il ne reste presque plus rien près de la brique portant la fente des coulées ; il s'est formé une rigole allant en descendant et en se rétrécissant du pont vers la porte de devant ; près de cette porte, il est resté deux parties A A de la sole contre les parois et dans les deux angles. Cette dégradation est occasionnée par l'écoulement du plomb et principalement par les outils dont on se sert pour effectuer les brassages.

Quelle que soit la durée de la campagne, la sole lors de la mise hors feu se présente presque toujours comme l'indiquent les *fig.* 6,7 et 8.

On remarque aussi que les parois latérales et surtout celle qui est en face de la porte de côté, ont été dégradées ; les

briques réfractaires sont plus ou moins détruites ou fondues, et après 3 ou 4 campagnes, il faut les renouveler entièrement ; dans ce cas, ces briques sont mangées sur jusque les 3/4 de leur épaisseur comme l'indique la *fig.* 8. C'est principalement à la naissance de la voûte, dans la partie à l'extrémité de la grille du foyer qui est la plus violemment frappée par le courant d'air chaud, que l'altération est la plus forte.

La *fig.* 8 représente l'altération d'un four après trois campagnes ; dans cet état, on doit renouveler en grande partie la paroi réfractaire altérée, mais la voûte est encore en bon état et ne demande pas de réparation.

Après l'enlèvement des mattes à la fin de la campagne, il reste sur toute la sole une couche de crasses plombeuses ayant l'aspect d'une scorie noirâtre, assez dure pour n'avoir pu être enlevée avec les mattes, et qui, dans la partie centrale du four, a une épaisseur de 1 à 1 centimètre 1/2, tandis que dans le restant, cette épaisseur va en diminuant vers les parois, où elle n'a plus que 1/2 millimètre ; cette matière agglutinée et qui forme comme un vernis sur la partie restante de la sole est mise à part pour être traitée au four à manche.

La matière composant la sole est friable et tout à fait de couleur noire dans la partie supérieure, tandis que sur le pavé du four et jusqu'à une certaine hauteur, elle a conservé une couleur jaunâtre, celle qu'elle avait avant la mise à feu.

Les briques réfractaires qui tapissent le four à l'intérieur sont, comme nous l'avons dit, en partie rongées ; elles sont recouvertes d'un vernis jaune orange, très-beau, formé de silicate de plomb donnant à l'analyse 34 p. 100 de plomb. La formation de ce silicate a pu être favorisée par la silice que l'on introduit dans la pâte des briques pour les rendre plus réfractaires ; il faut donc faire un choix tout particulier de terre pour la confection de ces briques, afin de n'y mélanger que le moins possible de sable siliceux ou de petits cailloux de quartz.

RÉSULTATS JOURNALIERS ET PRODUIT FINAL D'UNE CAMPAGNE.

Le tableau ci-après donne les résultats journaliers et le produit final d'une campagne au four dit n° 3 (voir *fig.* 2, Pl. II); cette campagne a commencé le 16 avril 1869 et a été terminée le 6 juin suivant; sa durée a donc été de 51 jours.

Pour la mise à feu, on avait fait une réparation ordinaire aux parois du four, dont le coût s'élèvait à 50 francs.

A la mise hors feu, il restait 55 kilog. de crasses des derniers écumages, à 80 p. 100 de teneur en plomb; on a en outre retiré :

a) 135 kilog. de matières plombeuses à 48,80 p. 100 de plomb agglutinées dans le bas de la petite cheminée;

b) 182 kilog. d'oxyde et de sulfate de plomb en poudre à 54,40 p. 100 de plomb, dans le conduit qui va du four aux chambres de condensation;

Et *c*) 275 kilog. également d'oxydes en poudre à 54 p. 100 de plomb, recueillis dans les chambres de condensation.

La campagne a commencé le 16 avril 1869; on n'indiquera pas les dates dans le tableau, mais simplement le nombre de jours de marche ou de 24 heures de travail.

Toute la campagne a été faite par les deux mêmes brigades; la brigade A a travaillé les 1er, 3e, 5e, 7e jours, etc.; la brigade B les 2e, 4e, 6e, 8e jours, etc. La brigade A est celle des deux qui, presque toujours, a brassé le plus.

Journal de la campagne.

JOURS de marche ou nombre de 24 heures de travail.	SALAIRE fixe des ouvriers.	PRIMES.			GALÈNE TRAITÉE.			CHARBON consommé, hectolitres.	PRODUITS				RENDEMENT en plomb pour 100 kil. de minerai.	RENDEMENT compris tout le plomb des mattes.	ÉCART	RENDEMENT compris le quart du plomb des mattes.	ÉCART
		7,50 p. 100 tolérés en comptant la moitié du plomb contenu dans les mattes ; 8 cent. par kilog en plus.			kilogrammes.	Plomb contenu			en plomb, kilogrammes.	en mattes.							
										kilogrammes.	Plomb contenu						
		Brigadier.	Manœuvre.	Retenues.		pour 100 kil de minerai.	dans toute la charge.				pour 100 kil. de mattes.	kilogrammes.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	fr.	fr.	fr.	fr.													
1	4,60	»	»	»	100	46,00	46,0	6	2	64	18,00	30,70	2,00	32,72	13,28	9,68	36,32
2	8,80	»	»	0,40	600	64,00	384,0	8	321	131	22,30	29,20	53,50	58,36	5,64	54,71	9,29
3	8,80	3,98	1,70	»	800	75,60	604,8	8	567	100	19,60	19,60	70,87	73,32	2,28	71,48	4,12
4	8,80	0,14	0,06	»	1.000	75,60	756,0	8	676	121	15,80	19,10	67,60	69,51	6,09	68,08	7,52
5	8,80	0,12	0,04	»	1.100	76,80	844,8	8	747	147	26,60	39,10	67,91	71,46	5,34	68,79	8,01
6	8,80	»	»	»	1.100	76,80	844,8	8	755	155	12,52	19,40	68,63	70,40	6,40	69,08	7,72
7	8,80	»	»	0,64	1.150	74,80	860,2	8 1/2	749	172	22,55	38,80	65,13	68,50	6,30	65,97	8,83
8	8,80	»	»	0,88	1.150	74,80	860,2	8	752	169	15,13	25,60	65,39	67,61	7,19	65,94	8,86
9	8,80	2,13	0,91	»	1.200	74,00	888,0	8 1/2	827	158	14,03	22,10	68,92	70,76	3,24	69,37	4,63
10	8,80	1,95	0,84	»	1.200	74,00	888,0	8	824	182	13,40	24,40	68,67	70,70	3,30	69,17	4,83
11	8,80	2,64	1,12	»	1.250	74,00	925,0	8 1/2	863	153	22,48	34,40	69,04	71,79	2,21	69,72	4,28
12	8,80	1,91	0,81	»	1.250	78,00	975,0	8	903	166	18,20	30,20	72,24	74,65	3,35	72,84	5,16
13	8,80	»	»	0,40	1.250	78,00	975,0	8 1/2	860	167	22,76	38,00	68,80	71,84	6,16	69,57	8,43
14	8,80	1,46	0,62	»	1.250	76,40	955,0	8	881	116	14,45	16,80	70,48	71,82	4,58	70,81	5,59
15	8,80	2,80	1,20	»	1.250	76,40	955,0	8	902	119	20,00	23,80	72,16	74,06	2,34	72,63	3,77
16	8,80	2,13	0,91	»	1.250	77,60	970,0	8	909	105	14,16	14,88	72,72	73,91	3,69	73,01	4,59
17	8,80	2,69	1,15	»	1.250	77,60	970,0	8	912	136	21,14	28,76	72,96	75,26	2,34	73,53	4,07
18	8,80	2,69	1,15	»	1.250	77,60	970,0	8	917	110	18,67	20,54	73,36	75,00	2,61	73,77	3,83
19	8,80	3,36	1,44	»	1.250	77,60	970,0	8	927	134	17,09	22,90	74,16	75,99	1,61	74,61	2,99
20	8,80	3,87	1,65	»	1.250	76,00	950,0	8	910	140	17,48	24,48	73,28	75,24	0,76	73,77	2,23
21	8,80	3,92	1,68	»	1.250	76,00	950,0	8	918	125	17,16	21,45	73,44	75,15	0,85	73,87	2,13
22	8,80	4,14	1,78	»	1.250	76,00	950,0	»	920	98	15,00	14,70	74,08	75,28	0,74	74,37	1,63
23	8,80	»	»	9,00	650	74,50	484,5	»	402	91	21,73	19,78	61,85	64,88	0,00	62,60	11,94

24	8,80	»	»	1,04	1.250	78,00	975,0	8	863	113	16,30	18,42	69,04	70,51	7,49	69,41	8,59
25	8,80	3,36	1,44	»	1.250	78,00	975,0	8	927	153	22,38	24,28	74,16	76,90	1,10	74,84	3,16
26	8,80	2,17	1,05	»	1.250	78,00	975,0	8	917	141	15,40	21,72	73,36	75,09	2,81	73,72	4,21
27	8,80	1,35	1,57	»	1.250	80,00	1.000,0	8	918	149	19,56	29,16	73,44	75,77	4,23	74,02	5,98
28	8,80	»	»	0,56	1.250	80,00	1.000,0	8	892	113	17,29	19,55	71,36	72,92	7,08	71,75	8,25
29	8,80	2,02	0,86	»	1.250	78,80	985,0	8 1/2	814	158	19,70	31,14	73,12	75,61	3,19	73,74	5,06
30	8,80	1,01	0,43	»	1.250	78,00	975,0	8	891	156	14,96	23,34	71,28	73,14	4,86	71,74	6,26
31	8,80	2,92	1,21	»	1.250	78,00	975,0	8 1/2	926	140	14,16	19,82	74,08	75,67	2,33	74,47	3,53
32	8,80	3,40	1,45	»	1.250	74,80	935,0	8	894	141	13,20	18,62	71,52	73,01	1,79	71,88	2,92
33	8,80	0,73	0,31	»	1.250	71,00	887,5	9	792	173	20,22	34,98	63,36	66,16	4,84	64,06	6,94
34	8,80	0,45	0,19	»	1.250	71,00	887,5	8 1/2	789	179	17,05	30,52	63,12	65,56	5,44	63,73	7,27
35	8,80	»	»	»	1.250	73,83	922,9	8 1/2	813	158	24,34	38,46	65,04	68,11	5,72	65,80	8,03
36	8,80	2,30	0,98	»	1.250	73,83	922,9	8	864	128	14,33	18,35	69,12	70,58	3,25	69,48	4,35
37	8,80	3,81	1,63	»	1.250	75.20	940,0	8 1/2	900	160	20,98	33,58	72,00	71,68	0,52	72,67	2,53
38	8,80	3,08	1,32	»	1.250	75,20	940,0	8	895	110	14,20	15,62	71,60	72,85	2,35	71,91	3,29
39	8,80	2,36	1,00	»	1.250	75,20	940,0	8 1/2	879	171	12,84	21,96	70,30	72,07	3,13	70,76	4,44
40	8,80	3,31	1,41	»	1.250	74,80	935,0	8	894	97	15,85	15,38	71,52	72,75	2,05	71,82	2,98
41	8,80	2,80	1,20	»	1.250	76.80	960,0	8 1/2	904	154	18,45	28,42	72,32	74,59	2,21	72,89	3,91
42	8,80	2,36	1,00	»	1.250	76,80	960,0	8	903	119	13,46	16,02	72,24	73,53	3,27	72,56	4,24
43	8,80	3.36	1,44	»	1.250	76,80	960,0	8 1/2	909	200	20,20	40.21	72,72	75,93	0,87	73,52	3,28
44	8,80	3,53	1,51	»	1.250	75,60	945,0	8	909	108	14,26	15,40	72,72	73,94	1,66	73,02	2,58
45	8,80	3,14	1,34	»	1.250	75,60	945,0	8 1/2	893	150	22,40	33,60	71,44	74,12	1,48	72,11	3,49
46	8,80	2,13	0,91	»	1.250	77,58	969,75	8	909	120	13,00	15,60	72,72	73,96	3,62	73,03	4,55
47	8,80	3,03	1,29	»	1.250	77,58	969,75	8 1/2	916	168	18,90	31,75	73,28	75,82	1,76	73,91	3,67
48	8,80	1,35	0,57	»	1.250	78,80	985,0	8	911	110	12,91	14,20	72,88	74,01	4,79	73,16	5,64
49	8,80	1,29	0,55	»	1.250	78,80	985,0	8 1/2	906	115	18,72	21,53	72,48	74,20	4,60	72,91	5,89
50	8,80	1,46	0,62	»	1.250	78,40	980,0	8	907	106	14,03	14,88	72,56	73,74	4,66	72,86	5,54
51	8,80	»	»	2,15	1.250	78,40	980,0	8	849	114	22,54	25,70	67,92	69 97	8,43	68,43	9,97
Totaux et moyennes.	444,69	96,95	41,37	8,07	60.050	76,23	45.786,6	414,5	42.340	6.963	18,10	1.260,93	70,50	72,61	3,63	71,03	5,21

Totaux et moyennes pour les 10 premiers jours, c'est-à-dire avant que la charge ait été portée à 1.250 kilog.

83,80	8,32	3,54	1,92	9.400	74,22	6.976,8	79,0	6.220	1.399	19,12	268,00	66,17	68,02	5,20	66,88	7,34

Totaux et moyennes pour le restant de la campagne.

360,80	88,63	37,83	6,15	50,650	76,61	38 809,8	335,5	36.120	564	17,84	992,9	71,31	73,27	3,33	71,80	4,80

Observations.—Le 13ᵉ jour, on a fait une réparation au sommet de la sole avec de la brasque.

Le 15ᵉ jour, on a pratiqué une petite réparation également au sommet de la sole avec des mattes.

Le 23ᵉ jour, on a réparé la sole au sommet, et au bas près de la coulée ; on a employé la brasque ; on n'a pu charger du minerai pendant le poste de nuit.

Le 27ᵉ jour, une partie de la brasque placée le 23ᵉ jour vers le bas de la sole, s'est soulevée et a dû être emportée.

Les 33ᵉ et 34ᵉ jours, on a traité une galène étrangère.

Le 35ᵉ jour, on a fait, à 6 heures du soir, une réparation au sommet de la sole.

Ainsi, pour 60.050 kilog. de minerais traités, ayant une teneur moyenne en plomb de 76.23 p. 100 on a obtenu :

42.340 kil. de plomb métallique.		
6.963 kil. de mattes à.	18,10	p. 100 de teneur en plomb.
55 kil. de crasses d'écumage à. .	80,00	*idem.*
135 kil. de matières plombeuses à.	48,80	*idem.*
182 kil. d'oxydes à.	54,40	*idem.*
275 kil. d'oxydes à.	54,00	*idem.*

En comptant tout le plomb contenu dans les mattes, les crasses et les oxydes, on trouve :

	kilog.
Pour les mattes.	1.260,93
Pour les crasses et les oxydes.	356,38
Ajoutant le plomb produit.	42.340,00
On a.	43.957,31

Le plomb contenu dans le minerai étant de 45.786ᵏ,6, il y a donc eu une perte réelle de 1829ᵏ,29 soit 3,04 par 100 kilog. de minerai traité ; ces 1829ᵏ,29 ont disparu dans la sole, dans les joints des briques, par les portes de

travail et principalement dans la grande cheminée et dans l'atmosphère.

Le rendement en plomb métallique a été de $\frac{42.340,00}{60.050} = 70,50$ p. 100, soit donc $76,24 - 70,50 = 5,74$ p. 100 en moins de la teneur du minerai.

On pourra retirer des mattes, des crasses et des oxydes, les quantités de plomb ci-après :

	kilog.
Des mattes, en admettant une perte de 7 unités.	778,89
Des crasses — — 6 —	41,80
Des matières agglutinées — 8 —	55,08
Des oxydes — — 8 —	210,94
Ajoutant le plomb produit.	42.340,00
On obtient.	43.426,71

Soit 72,31 p. 100 kilog. de minerai, ce qui porte la *perte réelle en plomb* à $76,24 - 72,31 = 3,93$ p. 100 kilog. de minerai passé au four à réverbère.

RÉSULTATS FINANCIERS DE LA CAMPAGNE.

Nous allons établir le bénéfice réalisé pendant cette campagne.

1° *Voici d'abord les dépenses :*

(*a*) *Détermination de la valeur du minerai.* — La valeur des 60.050ᵏ de galène ayant une teneur moyenne de 76ᵏ.23 p. 100, peut être fixée d'après la formule ci-après qui est appliquée à divers marchés en ce moment :

« Le prix du plomb étant de 11 3/8 florins Pays-Bas à « Rotterdam, la valeur d'une galène à 85 p. 100 de plomb, « (déterminée par voie sèche) se trouve fixée à 305 francs « les 1000 kilog., poids sec, rendu franco sur wagon à la « station la plus rapprochée de l'usine, valeur à trois mois.

« Ce prix de 305 francs est diminué de 4ᶠ.50 pour « chaque unité de teneur en plomb, en moins de 85 p. 100.

« Chaque variation de 1/8 florin P. B. dans le cours du

« plomb à Rotterdam, entraîne dans le prix du minerai « une variation de 0f,50 p. 100 kilog. de plomb contenu. »

D'après ces bases, la valeur du minerai de plomb de la Nouvelle-Montagne d'une teneur de 76k,25 p. 100 serait de 265f.54 les 1.000 kilog, sur wagon à la station.

Ce serait donc pour les 60.050k de minerais traités, une valeur de 15.945f,68.

(*b*) *Frais de traitement et autres.*

	francs.
Transport du minerai de la station à l'usine; déchargement, chargement, emmagasinage, etc., à raison de 1 franc pour 1.000 kilog., ci.	60,05
Main-d'œuvre des fondeurs et primes.	574,85
Charbon consommé, 414 hectol. 1/2 à 1 franc.	414,50
Transport des cendres du foyer.	8,67
Usure des outils : 51 jours à 0f,41.	20,91
Réparation du four avant la mise à feu.	50,00
Préparation de la sole, matériaux et main-d'œuvre pour sa reconstruction.	38,76
Matières employées pour les réparations de la sole pendant la campagne.	1,16
Démolition de la sole et transport des débris en provenant.	4,40
Nettoyage des conduits, des chambres de condensation, remise en état des carneaux.	1,05
Huile épurée consommée pendant la campagne (1 litre par 6 jours).	8,50
Total.	1.182,85

2° *Valeurs produites.*

(*a*) *Plomb métallique.* — 42.340 kilog. à 48 francs net les 100 kilog., soit 20.323f,20.

Ce plomb est porté à 48 francs net bien que le prix net de réalisation soit un peu supérieur; ce taux élevé eu égard au cours actuel du plomb ordinaire, provient de ce que le plomb produit au four à réverbère de la Nouvelle-Montagne, est de qualité exceptionnelle et est entièrement vendu pour la fabrication de la céruse.

(b) *Mattes.*—6.963 kilog. de mattes d'une teneur de 18,10 p. 100 de plomb, au prix de 21f,34 les 1.000 kilog., soit 148f,59.

Voici comment cette valeur a été obtenue :

La teneur des mattes étant de.	18,10	de plomb,
On admet un rendement de.	11,10	
D'où perte en unités.	7,00	

	francs.
On obtient donc par 1.000 kilog de mattes traitées au four à manche, 111 kilog. de plomb ordinaire à 44 francs les 100 kilog., prix net actuel de réalisation, soit.	48,84

A déduire p. 1.000 kilog :

Chargement, transports par axe et par chemin de fer de l'usine d'Engis à l'usine de Prayon où ces matières sont traitées pour le moment.	4,50	
Frais de traitement et divers.	23,00	
	27,50	27,50
Reste net.		21,34

(c) *Crasses d'écumage.*—55 kilog. de ces crasses à 80 p. 100 de teneur en plomb à 282f,50 les 1.000 kilog., soit 15f,54.

La valeur de ces crasses est déterminée d'après la formule qui a servi à l'évaluation de la galène traitée et qui est donnée ci-dessus.

(d) *Matières plombifères agglutinées.* 135 kilog. de ces matières contenant 48,80 p. 100 de plomb, à 149f,52 les 1.000 kilog., 20f,18.

La valeur de ces matières est établie d'après la formule donnée ci-après pour les oxydes.

	francs.
(e) *Oxydes.* — 182 kil. d'oxydes à 54,40 p. 100 de teneur en plomb à 175f,26 les 1.000 kil.	31,90
275 kil. d'oxyde à 54 p. 100 de teneur en plomb à 172f,40 les 1.000 kil.	47,41
Ensemble.	79,31

La détermination de la valeur de ces oxydes a été faite comme suit :

Pour ceux à 54 p. 100 : teneur.	54
rendement.	46
Perte en unités.	8

	francs.
Les 1.000 kilog. rendront donc au four à manche 460 kilog. de plomb ordinaire à 44 francs net les 100 kilog.	202,40

À déduire pour 1.000 kil. d'oxyde :

	francs.	
Chargements, transports de l'usine d'Engis à l'usine de Prayon.	4,50	
Traitement et divers.	23,00	
Fabrication des boulettes, etc.	2,50	
	30,00	30,00
D'où valeur des 1.000 kilog.		172,40

En résumé, on a :

Valeurs produites :

	francs.	francs
Plomb métallique.	20.323,20	
Valeur des mattes.	148,59	
Valeur des crasses d'écumage.	15,54	
Valeur des matières agglutinées.	20,18	
Valeur des oxydes.	79,31	
Total.	20.586,82	20.586,82

Dépenses :

Valeur des minerais.	15.945,68	
Frais de traitement et autres.	1.182,85	
Total.	17.128,53	17.128,53
D'où, bénéfice réalisé.		3.458,29

Non compris les frais généraux.

C'est donc $57^{f},59$ de bénéfice par tonne de minerai traité et $8^{f},17$ p. 100 kilog. de plomb produit.

PLOMB OBTENU AU FOUR A RÉVERBÈRE.
MATIÈRES ET POUSSIÈRES RECUEILLIES APRÈS LA MISE HORS FEU.

Plomb. — Le plomb obtenu au four à réverbère de la Nouvelle-Montagne et avec des galènes de 76 p. 100 en moyenne, de teneur en plomb, est d'excellente qualité ; il est livré au commerce en première fusion ; son aspect est magnifique, la couleur est uniforme, bleuâtre, un peu irisée ; il rend un son mat et se laisse entamer par l'ongle avec la plus grande facilité ; la surface supérieure des saumons est unie, pour ainsi dire, sans dépression, ni coloration blanchâtre au milieu, et toute parsemée de grandes facettes, commencement de cristallisation produite pendant le refroidissement. Tous ces caractères sont des indices de grande pureté.

Depuis un assez grand nombre d'années déjà, tout le plomb produit aux fours à réverbère d'Engis est employé uniquement à la fabrication de la céruse qui exige que ce métal soit de toute première qualité. Il présente sur beaucoup d'autres l'avantage de donner, lorsqu'on le traite par le procédé dit hollandais, des écailles dures et épaisses qui se détachent facilement des lames ou des grilles à jour que l'on retire des couches ; cela rend l'enlèvement du carbonate moins insalubre qu'avec l'emploi des plombs qui donnent des écailles tendres et minces qui répandent par conséquent beaucoup de poussière, lorsqu'on les manipule.

Au sortir des fosses, les écailles présentent souvent une teinte très-légèrement rosée qui ne se montre qu'à la surface, de sorte qu'il n'est pas possible d'en trouver de trace après le broyage ; on avait cru que cette teinte était due à la présence du fer dans le plomb ; mais comme il résulte d'analyses nombreuses que ce métal ne s'y trouve qu'en proportion trop minime pour donner lieu à cette coloration, on est plutôt porté à croire qu'elle est due à

un commencement d'oxydation qui ne peut se produire dans de telles conditions, que lorsqu'on opère sur des plombs très-purs et très-doux, qualités essentiellement recherchées dans cette industrie. Nous avons, à diverses reprises, constaté par des analyses soignées, que des plombs étrangers ne donnant pas au carbonate cette teinte un peu rosée, contenaient sensiblement plus de fer que ceux de la Nouvelle-Montagne. Depuis quelque temps déjà, de très-grands fabricants de céruse paraissent rechercher les plombs dont le carbonate donne des écailles avec cette coloration particulière.

Matières et poussières recueillies. — Dans la petite cheminée allant directement du four au conduit qui mène aux chambres de condensation et dans le petit bout de celui sur lequel est établie la glissière, on trouve contre les parois et à la base, une matière plombeuse agglutinée très-dure, d'une couleur chocolat et se présentant en couches ayant jusqu'à 2 et 3 centimètres d'épaisseur ; c'est en grande partie du plomb à l'état de minium, auquel se trouvent mélangés de la silice, des poussières de charbon, des débris pulvérulents de briques, des parcelles métalliques ou des scories emportés hors du four par le courant, le tout étant pour ainsi dire entré en fusion et formant une pâte très-dure et très-pesante.

Dans le conduit qui va de la petite cheminée aux chambres de condensation, et qui, pour le four nº 3, a un peu plus de 7 mètres de longueur, on a recueilli des poussières très-légèrement rougeâtres, grisâtres, composées en grande partie de sulfate de plomb ; cette coloration provient probablement de la présence du minium et des poussières les plus ténues qui n'ont pas été arrêtées dans la petite cheminée.

Enfin, dans les chambres de condensation, elles sont encore de même nature, mais plus blanches que celles recueillies dans le conduit.

Ces diverses poussières, assez riches en plomb, sont traitées avantageusement au four à manche.

Comme les conduits et les chambres de condensation ne sont pas très-étendus, il doit s'en perdre par la grande cheminée; dans le but d'en recueillir une partie, on avait augmenté la longueur des conduits et les chicanes dans les chambres; mais alors le tirage laissait à désirer, et comme le rendement en plomb métallique avait sensiblement diminué, on a réduit le parcours et adopté la disposition actuelle; le produit en plomb s'est immédiatement relevé à ce qu'il était auparavant.

MAIN-D'ŒUVRE.

Le personnel d'un four à réverbère se compose d'un brigadier et d'un manœuvre, travaillant 22 à 23 heures consécutives pour faire deux charges, et se reposant ensuite pendant 24 heures; ils sont relevés par une autre compagnie également de deux hommes et travaillant aussi 22 à 23 heures (pour 24) sans quitter.

Entre chaque compagnie, il y a 1 à 2 heures perdues, parce que le poste finit sa charge de nuit entre 4 et 5 heures du matin, tandis que le poste suivant n'arrive qu'à 6 heures.

Ces ouvriers ont un salaire fixe et une prime ou une retenue variable, suivant la marche de l'opération.

Le brigadier reçoit par 24 heures de travail 4f,60 soit 2f,30 par 12 heures, et le manœuvre 4f,20 ou 2f,10 par 12 heures.

Quant aux primes et aux retenues, elles sont établies comme il suit :

Lorsque le four est entré en allure régulière, au bout de 1 à 2 jours, on fixe un rendement obligatoire de 7,3 p. 100 en dessous de la teneur en plomb du minerai; tout ce que la brigade obtient au-dessus de cette teneur obligatoire ou

tout ce qu'elle produit en dessous, lui est payé ou retenu à raison de $0^f,08$ par kilogramme, lesquels $0^f,08$ sont répartis : 7/10 au brigadier et 3/10 au manœuvre ; c'est ce qui constitue la prime ou la retenue.

Pour établir le rendement de la brigade, on ajoute au plomb produit en saumons la *moitié* de celui contenu dans les mattes. Il y a peu d'années encore, on prenait les trois quarts du plomb des mattes au lieu de la moitié, ce qui était trop, car cela engageait l'ouvrier à les épuiser moins.

Voici un exemple qui fera comprendre comment s'établit la prime des ouvriers.

Supposons pour 24 heures deux charges de 625 kil., ensemble 1 250 kil. de galène à 76 p. 100 de teneur en plomb ; le rendement obligatoire sera de $76 - 7,30 = 68,70$ p. 100, soit en plomb $1\,250 \times 68,70 = 858,75$ kil. La brigade a produit dans ses 24 heures 891 kil. de plomb en saumons et 150 kil. de mattes d'une teneur en plomb de 18,20 p. 100. Les 150 kil. à 18,20 représentent $27^k.30$ de plomb dont la moitié = 13,65 ajoutée à 891 donne $904^k,65$ pour rendement de l'ouvrier. Le rendement obligatoire étant de $858^k,75$, il y a donc à payer une prime de :

$45,90 \times 0,08 = 3^f,67$ dont 7/10 ou $2^f,57$ au brigadier et 3/10 ou $1^f,10$ au manœuvre.

Si, au lieu d'avoir produit 891 kil. de plomb, la brigade n'en avait fourni que 840 kil., par exemple, et les mêmes mattes, on aurait fait une retenue de $0^f,28$ au brigadier et $0^f,12$ au manœuvre.

Les primes sont payées moitié à la quinzaine avec le salaire fixe ; l'autre moitié reste dans la caisse pour constituer une masse que l'on paye en une fois à la fin de l'année. L'ouvrier perd ses droits à la portion de sa prime en caisse, si, avant la clôture de l'année, il quitte l'usine pour aller travailler ailleurs, ou s'il doit être renvoyé pour motifs

graves et spécifiés dans les règlements ; il ne perd pas ses droits à cette partie de la prime, si son départ est indépendant de sa volonté, si, par exemple; le service militaire le réclame. En cas de décès avant la fin de l'année, les héritiers de l'ouvrier reçoivent le montant de la prime acquise jusqu'au dernier jour de travail.

Le système de primes est aussi établi dans nos usines à zinc et depuis plus de vingt ans déjà, dans les diverses opérations de cette fabrication et dans l'exploitation des mines.

Pendant les deux ou trois premiers jours d'une campagne, on n'exige pas de rendement minimum; comme la sole retient nécessairement dans les premiers jours une certaine quantité de plomb; comme le massif en maçonnerie du four absorbe encore une quantité plus ou moins considérable de chaleur ce qui ne permet pas de bien conduire le travail, on ne peut rendre l'ouvrier responsable des faibles rendements ; aussi voit-on des écarts entre le rendement et la teneur de 12, 15 et quelquefois de 20 unités pendant ces premiers jours ; les ouvriers ne reçoivent alors que leur salaire fixe.

Il n'y a pas longtemps que le minimum de rendement n'était pas exigé pendant les 5 et même les 6 ou 7 premiers jours de la campagne; on a reconnu qu'il y avait abus. En effet, lorsque le minimum de rendement n'était pas exigé pendant les 6 ou 7 premiers jours, on était certain d'avoir des écarts très-forts; on pouvait donc croire qu'une grande partie du plomb était absorbée par la sole; mais il n'en était pas ainsi : l'ouvrier conservait le plomb pour l'ajouter à sa production dans le courant de la campagne.

Il arrivait très-souvent, surtout un jour ou deux avant la fin des quinzaines, qu'on observait des écarts très-faibles, 1 p. 100, 1/2 p. 100; on avait même parfois un rendement supérieur à la teneur. Ces très-faibles écarts ne pouvaient provenir que d'une erreur dans les analyses ou d'une

addition faite par les ouvriers, de plomb ou de minerai pendant le travail, afin d'augmenter la prime.

La périodicité de ces irrégularités fit bientôt voir qu'elles n'étaient pas dues à des erreurs d'analyse ; une visite minutieuse fit découvrir de petits magasins de plomb tenu en réserve, jusqu'à 400 kilog. chez un seul ouvrier !

D'où venait ce plomb? s'il avait été retenu d'une charge pour être remis dans une autre, il n'y avait pas d'inconvénient et l'ouvrier n'y trouvant pas avantage, ne se serait pas amusé à ce jeu; mais on a pu se convaincre que ce plomb provenait du traitement pendant les 6 ou 7 premiers jours, alors qu'on n'exigeait pas de minimum de rendement, et qu'il était repassé avec les charges pendant la marche régulière. De là ces forts écarts qui n'étaient pas réels pendant les premiers jours, et les très ou trop faibles écarts dans certains jours de la campagne, lorsque l'ouvrier faisait passer à la fois trop de ce plomb qu'il avait en réserve.

Sans parler de l'augmentation illégale de la prime, ces irrégularités avaient l'inconvénient de rendre inexacts les calculs que l'on pouvait faire sur le rendement pendant les premiers jours et pendant un certain nombre de jours de la campagne; elles pouvaient aussi servir à cacher des fautes ou des négligences graves commises par une brigade.

Actuellement, on surveille tout particulièrement le travail pendant les deux premiers jours pour empêcher le détournement de plomb; on exige le minimum de rendement à partir du deuxième et on a la preuve que l'absorption de plomb par la sole est bien moins importante qu'on ne le supposait, qu'elle est même très-faible dans les premiers jours, lorsque le battage a été bien fait.

Comme il est déjà arrivé que certains ouvriers, ne se doutant nullement du tort qu'ils faisaient à la qualité de la marchandise, jetaient dans leurs saumons chauds des morceaux de galène crue mélangée à de la blende ou même de la blende ou d'autres substances pesantes, pour augmenter

le rendement et par suite la prime, on a affecté à chaque brigade des lingotières ayant une marque particulière, de sorte que l'on peut savoir à qui s'adresser si cet abus se représentait; les ouvriers sont instruits de l'importance du tort qu'ils causent et sont prévenus qu'on leur appliquera une très-forte amende, lorsqu'ils seront pris en défaut.

Comme nous venons de le dire, on paye une prime sur partie du plomb contenu dans les mattes, bien que celui-ci ne soit pas produit à l'état métallique par la brigade. En comptant tout le plomb contenu dans les mattes, comme on le faisait il y a quelques années, l'ouvrier avait intérêt à faire le plus de mattes possible, ou plutôt à les laisser les plus riches possible, et il en résultait de faibles écarts et par suite, élévation de la prime. Si on avait décidé de ne pas tenir compte du plomb renfermé dans ces mattes, on serait tombé dans un autre écueil; les ouvriers auraient eu alors avantage à les produire les plus pauvres possible, et cela aurait nui à la qualité du plomb, car l'épuisement des mattes ne peut être obtenu qu'en travaillant à très-haute température, ce qui rend le plomb moins doux et d'un aspect plus blanchâtre.

Il est donc bon, quand on a à traiter une galène de composition et de nature à peu près constantes, de déterminer autant que possible, par expérience, à quel degré de température et d'épuisement des mattes, on peut commencer à constater dans la nature du plomb produit une différence qui lui fasse perdre de sa valeur ou de ses qualités; c'est à ce point que doit s'arrêter l'épuisement des mattes.

Pour les galènes que l'on traite à la Nouvelle Montagne, qui proviennent des gîtes de la Société, et qui sont par conséquent de nature assez uniforme, on considère comme une marche convenable, pour 1,250 kilog. de galène traitée, la production en moyenne de 130 à 135 kilog. de mattes d'une teneur en plomb de 16 à 17 p. 100 au minimum, et en

tenant compte de celui-ci contenu dans les mattes, un écart de 3,25 unités.

Comme les ouvriers savaient qu'on examinait avec soin s'ils n'altéraient pas la qualité du plomb en introduisant des matières étrangères dans les saumons, ils ont trouvé qu'il y avait moyen d'augmenter leurs primes en jetant dans les mattes, à la fin de la charge et au moment de les retirer du four, des minerais mélangés destinés au broyage et contenant beaucoup de galène; ils les prenaient sur les tas dans les cours de l'usine. L'inconvénient n'était certes pas aussi grand que lorsqu'ils jetaient ce minerai dans le plomb; mais on devait payer des primes plus fortes et l'on tombait dans les incertitudes que laissaient des écarts très-faibles.

C'est en faisant peser et analyser séparément les mattes de chaque charge au lieu de les confondre, que l'on a reconnu que cet abus se commettait; on a en effet observé que la plupart du temps, les mattes de la charge de nuit, alors que la surveillance n'est pas aussi facile, étaient sensiblement plus riches en plomb que celles du jour, malgré la même production de plomb métallique; en examinant de près les mattes de nuit, on a vu dans quelques-unes du minerai mélangé non réduit qui ne pouvait s'y trouver qu'irrégulièrement. C'est alors que les ouvriers ont été prévenus qu'on ne tolérerait plus de très-faibles écarts, par exemple 1/2 ou 3/4 p. 100, qui ne pouvaient provenir que de fraudes. Depuis que cette mesure a été introduite, la marche du travail a pris une allure plus régulière et plus exacte. Les ouvriers jetaient ces minerais mélangés dans le four un peu avant de retirer les mattes, parce qu'ils savaient très-bien que s'ils les plaçaient plus tôt, l'impureté de ces matières serait une cause de diminution de rendement en plomb; on ne peut, sans s'exposer à des pertes, ajouter même de la galène pure, lorsque la charge a déjà subi quelques heures de chauffe.

On attachait assez d'importance à ce que ces abus ne

fussent plus commis, parce qu'on désirait se rendre bien compte des résultats économiques du mode de traitement suivi à la Société; comme il n'y avait souvent qu'un four en marche, deux au maximum, des irrégularités commises par une brigade viciaient sensiblement l'ensemble des opérations, tandis qu'elles n'auraient guère eu la même importance si les résultats viciés d'un four avaient été confondus avec les résultats réels de 10 ou 15 fours.

Les ouvriers des fours à plomb ont en général un salaire assez rémunérateur, comme on peut le voir par le résultat de la campagne dont le détail a été donné précédemment. En effet, les primes aux brigadiers, pour 51 journées de 24 heures, se sont élevées à 97f,16 soit en déduisant leur quote-part dans les retenues, à 91f,30 ou 1f,79 par journée de 24 heures; ajoutant le salaire fixe qui est de 4f,60, on obtient pour ce même laps de temps 6f,39. Ainsi, pendant cette campagne, chaque brigadier a gagné en moyenne 3f,19 par 12 heures de travail.

Pour les manœuvres, les primes, moins les retenues, ont été de 38f,95, soit 0f,78 par 24 heures (il n'y a eu que 50 postes de manœuvre) ce qui, avec le salaire fixe de 4f,20 par 24 heures, donne 4f,98 en tout ou 2f,49 par 12 heures de travail.

Il faut observer que la marche du four n'est pas suspendue pendant les jours fériés ou les dimanches; comme les ouvriers ont 24 heures de repos après chaque 24 heures de travail, ils peuvent encore utiliser une partie du temps libre, pour se livrer à des occupations lucratives, ce que ne peuvent faire les ouvriers des autres catégories qui travaillent pendant 12 heures et se reposent ensuite pendant 12 heures.

DURÉE DES CAMPAGNES.

La durée des campagnes dépend naturellement de la durée de la sole qui varie avec la nature du minerai et avec l'habileté des ouvriers.

Plus le minerai est impur et difficile à traiter, plus il exige de travail de brassage et plus, par suite, il se forme des mattes qui trouvent une partie de leurs éléments dans la sole même, deux causes qui en hâtent la dégradation.

Si l'on avait affaire à de la galène pure, les campagnes dureraient plus du double, parce qu'un tel minerai se réduit très-facilement et ne donne pas autant de mattes.

La durée moyenne d'une sole, avec des minerais comme ceux que l'on traite d'habitude, a été dans ces derniers temps de 45 jours; on en a eu qui n'ont duré que 28 à 30 jours et d'autres qui ont marché 80 à 82 jours; mais dans ce dernier cas, le minerai était de la galène très-pure, facile à réduire sans exiger de longs brassages.

La sole s'use pendant les 10 ou 15 premiers jours, plus rapidement que pendant chacun des jours du restant de la campagne; cela tient à ce que plus elle est vieille, plus la partie qui reste se trouve durcie par la chaleur, ce qui la rend moins attaquable par les outils.

Afin d'en prolonger la durée, on a l'habitude du 12e au 15e jour de marche, de réparer la partie près de l'autel, où il y a déjà un creux assez sensible, de 30 à 40 centimètres de largeur et 7 à 8 de profondeur; cette réparation consiste à jeter en cet endroit un mortier composé comme la sole, d'argile et de coke broyés. Voici comment on opère: lorsque la matière est préparée et que le travail de la charge du poste de nuit est terminé, on ouvre toutes les portes du four pendant 6 à 8 minutes pour laisser refroidir; puis le manœuvre place la matière dans le four pendant que le brigadier la bat avec la spadelle ou avec une barre de fer;

avant de la déposer à l'endroit où elle doit être battue, on cherche à entamer l'ancienne sole par des rayures ou des petites entailles, pour rendre l'adhérence ou la soudure plus complète ; mais il n'est pas toujours facile de pratiquer ces entailles et on réussit rarement.

Le travail doit être exécuté avec beaucoup de célérité, afin de faciliter l'adhérence et de prévenir autant que possible le fendillement de la matière que l'on bat.

Lorsque le battage est terminé, on jette sur la partie remise à neuf une pelletée d'oxyde de plomb (provenant des conduits) et on chauffe, pour mettre cette matière en fusion et former ainsi un vernis qui empêche autant que possible le passage du plomb dans la sole.

Quand on fait une réparation à la tête de la sole, on n'arrête pas le travail, parce qu'on maintient le minerai un peu plus bas pendant la période de grillage; mais si l'on doit travailler à la partie inférieure, vers la porte de devant, on est bien obligé de perdre une charge et de chauffer pendant une journée sans minerai, comme on le fait lors de la mise à feu du four.

Dans le but de chercher à prolonger la durée des soles, on a essayé de faire une grande réparation après 23 ou 24 jours de travail; on a chargé presque toute la sole et rebattu convenablement, travail qui a exigé une journée sans charger du minerai.

Mais on a reconnu que pendant les deux ou trois premières charges suivantes, il y avait perte de plomb, et tout calcul fait, comme on le verra plus loin, la dépense est trop forte pour gagner quelques jours de marche ; on a donc renoncé à réparer la sole dans sa partie inférieure et on se borne à remettre en bon état la partie près de l'autel après 13 ou 14 jours de marche.

On a aussi essayé de réparer la sole en employant des mattes que l'on amenait à un commencement de fusion et que l'on battait soigneusement; mais on n'a pas réussi; ces

matières entraient en fusion pendant le travail qui exige vers la fin de la charge une température élevée.

Enfin on a voulu s'assurer si un battage fait avec grand soin ne donnerait pas de meilleurs résultats ; lors de la reconstruction d'un four, on a procédé au damage de la sole avant d'établir la voûte, afin de rendre le travail plus facile et afin de pouvoir employer de fortes pièces de bois ou de fer pour damer la matière ; l'opération a duré presque le double de temps d'un battage ordinaire ; malgré tous ces soins, cette sole n'a pas résisté plus longtemps que les autres.

Il est évident que la chaleur élevée que l'on est obligé de produire vers la fin du travail d'une charge, ne permet pas une réparation facile de la sole, parce que le soudage ne se fait pas convenablement à moins de laisser refroidir beaucoup le four et d'arrêter pendant un temps assez long, ce qui enlèverait tous les avantages d'une prolongation de campagne, car la mise à feu d'un four n'est pas une dépense si considérable. C'est à cause de cette haute température et de l'impossibilité de faire usage de scories de fer ou de mattes qui entreraient trop tôt et trop facilement en fusion, que dans le système de four de la Nouvelle Montagne, on ne peut avoir des campagnes aussi longues que dans les usines où l'on emploie un autre procédé qui exige une température sensiblement moins élevée, ce qui permet la réparation de la sole au fur et à mesure qu'elle s'use.

Voici la dépense que nécessite la réparation de la sole près de l'autel, après le 13[e] jour de marche ; ce travail consiste à remplir le creux longeant l'autel :

	francs.
50 kilog. de mélange à 5[f],29 les 1.000 kilog.	0,26
Perte en plomb déterminée d'après la production de la veille, 43 kilog. à 48 francs net.	20,64
Total.	20,90

Cette opération est faite par la brigade sans qu'elle diminue sa charge et sans indemnité.

Coût d'une réparation faite en haut et au bas de la sole après 23 jours de marche (la dégradation du haut est moins importante que celle du bas) :

				francs.
Mélange pour le haut.		30 kilog.		
— pour le bas.		125		
Total.		155 kilog. à 5f,29 les 1.000 kilog.		0,82
Perte en plomb	A la 1re charge qui a suivi la réparation.	kil. 59	118 kilog. à 0f,48.	56,64
	A la 2e charge *idem*. .	44		
	A la 3e charge *idem*. .	15		
Une journée de brigadier pour sécher le four.				2,30
Trois hectolitres de charbon à 1 franc.				3,00
25 kilog. de matières plombeuses à 38 p. 100 de plomb à 96f,20 les 1.000 kilog. . . . . (Ce sont les minerais mélangés que l'on jette dans le four après la réparation.)				2,40
Outils et divers.				1,50
Total.				66,66

Comme il a été dit ailleurs, la durée moyenne des campagnes est de 45 jours ; celle dont le détail est donné dans cette notice a duré 51 jours dont un demi sans charger ; mais on a procédé le 23e jour à une remise en bon état de la sole ce qu'on ne fait pas d'habitude, et le 35e jour une petite réparation au sommet de la sole a aussi été exécutée par exception.

La campagne a duré 51 jours au lieu de 45 en moyenne, soit 6 jours de plus ; mais faut-il attribuer cette prolongation aux réparations extraordinaires qui ont été faites à la sole ou bien à ce que les ouvriers ont apporté beaucoup plus de soins que d'habitude dans leur travail parce qu'on leur avait promis une prime s'ils atteignaient 55 jours de marche ? Il est très-possible que l'espoir de gagner cette prime a suffi pour arriver à ce résultat ; cependant, si l'on suppose

qu'il est dû aux réparations extraordinaires faites pendant la campagne, on peut voir qu'il n'y a pas avantage.

	francs.
En effet, la réparation faite le 23ᵉ jour a occasionné une dépense ou perte de.	66,66
La réparation du 35ᵉ jour ayant eu pour conséquence un écart de 8,03 unités, tandis que la moyenne des 41 derniers jours n'a été que de 4,80, il y a de ce chef une perte en plomb et autres matières équivalente à la somme de.	19,55
Soit pour les deux.	86,21

Or, on a vu ailleurs que la mise à feu occasionne pour une campagne de 45 jours, une dépense de 4 francs par jour; pour regagner la dépense de 86ᶠ.21 faite dans le but de prolonger la durée de la sole, il aurait fallu gagner 21 1/2 jours au lieu de 6.

DONNÉES NUMÉRIQUES ET ANALYTIQUES.

Voici plusieurs données numériques et analytiques qui se rapportent au traitement du plomb au four à réverbère et à la campagne dont il est question dans cette notice; nous résumons celles déjà fournies.

A. *Sole du four.*

Composition de l'argile employée à la confection de la sole.

Eau combinée.	5,40 p. 100.
Silice (y compris 7 p. 100 de sable). . .	77,70
Alumine.	14,20
Peroxyde de fer.	2,10
Magnésie et chaux.	traces.
Total.	99,40

Cette argile renferme des parties rougeâtres disséminées dans la masse et qui ont donné à l'analyse la composition suivante :

Eau	5,50 p. 100.
Silice (y compris 10 p. 100 de sable)	77,20
Chaux	3,20
Alumine	9,70
Peroxyte de fer	4,30
Magnésie	traces.
Total	99,90

La quantité d'argile employée pour la confection d'une sole varie entre 1,600 et 1,800 kilog.; cela dépend un peu de l'ouvrier, de sa manière de la préparer et de la travailler et de l'épaisseur qu'il lui donne; 2 ou 3 centimètres de plus ou de moins, font une différence sensible dans le poids de la matière employée.

Dans l'exemple qui fait l'objet de cette notice, on a fait usage de 1,778 Kileg. d'argile.

Coke employé en mélange avec cette argile. — Ce coke provient ordinairement d'escarbilles broyées retirées des foyers des fours à zinc; il contient quelque fois plus de 50 p. 100 de cendres, ce qui est évidemment une condition défavorable, puisque ces dernières facilitent la scorification des matières.

On a jugé convenable d'employer du coke de bonne qualité ne renfermant que 15 à 16 p. 100 de cendres, et bien qu'il ne soit pas encore facile d'établir matériellement l'avantage de ce coke moins impur, il est plus que probable que le bénéfice que l'on doit trouver dans son emploi dépasse la différence entre la valeur de ce coke et celle du coke produit avec les escarbilles.

Pour une sole, on emploie environ 755 kilog. de coke.

Eau nécessaire pour faire le mélange de l'argile et du coke. — Pour opérer le mélange de l'argile et du coke nécessaires à la confection d'une sole, on emploie 35 seaux d'eau ce qui correspond à 592 litres environ.

B. *Minerais et produits.*

Minerai composant la première charge de 100 kil. — Ce

minerai est un mélange de galène, de blende, de pyrite et de calcaire.

La teneur en plomb est de 45 à 46 p. 100; c'est du minerai qui a subi déjà une certaine préparation et qui doit être soumis à de nouvelles manipulations pour isoler la blende et la pyrite et l'amener à une plus grande richesse en galène.

Galène riche traitée. — Elle se trouve en grande partie en grenailles, généralement de 1 à 2 millimètres de grosseur; il y a environ 15 à 20 p. 100 de morceaux ayant jusqu'à 2 centimètres de diamètre et 8 à 10 p. 100 de schlamms très-fins.

Composition pouvant être considérée comme une moyenne :

Galène	93,56 p. 100.
Blende	3,74
Pyrite	2,31
Calcaire	0,35
Total	99,96

Pendant la campagne qui a duré 51 jours, on a traité 59.350 kil. de galène riche d'une teneur en plomb dépassant en moyenne 76 p. 100, plus 600 kilog. de minerai à 64 p. 100 et 100 kilog. à 46 p. 100.

Chaque charge, quand le four est en allure régulière, se compose de 625 kilog. de galène riche; on fait deux charges par 24 heures.

Charbon pour chauffage du four. — On consomme ordinairement 8 hectolitres de charbon par 24 heures, soit 4 hectolitres par charge; sur 3 hectolitres 1/2 on en trouve environ 1/2 de grosse houille ou gaillettes; à 7 hectolitres de ce charbon on en ajoute 1 de grosse houille; de sorte qu'il y a pour les deux charges 2 hectolitres de houille que l'on réserve pour élever la température dans la dernière période de l'opération.

Ce charbon est gras, flambant et contient 12 à 18 p. 100

de cendres; l'hectolitre pèse en moyenne 88 à 89 kilog.

Pendant la campagne, on a consommé 414 hect. 1/2 de ce combustible.

Crasses ou produit de l'écumage du plomb avant la coulée en saumons. — Ces crasses ont une couleur bleuâtre un peu irisée; elles sont plus bleues au commencement du travail d'une charge que vers la fin; dès qu'on a commencé à élever la température, elles présentent une couleur plus blanchâtre et paraissent un peu plus dures.

Ces crasses se composent principalement de plomb et de soufre; la teneur en plomb dépasse ordinairement 92 p. 100; quant au soufre, il s'y trouve combiné au plomb à l'état de galène qui a été entraînée et qui n'a pas encore été réduite.

On trouve aussi dans ces matières, du zinc, du fer, de la silice, mais en quantités assez faibles pour qu'il n'y ait pas d'inconvénient à les rejeter dans le four.

On produit en moyenne, par 24 heures, 500 kilog. de ces crasses; cette quantité dépend beaucoup de l'habileté de l'ouvrier; s'il écume quand le plomb est très-chaud, il en fait beaucoup; il en obtient encore notablement plus, si l'écumage a lieu quand le plomb est un peu refroidi. Il s'agit de tenir autant que possible un juste milieu; et c'est la pratique et le coup d'œil qui guident principalement le bon ouvrier. Quand le travail est très-bien conduit, on arrive à ne faire que 400 kilog. et même 370 kilog. par 24 heures.

Mattes. — Les mattes sont de couleur gris de fer foncé, ont, partie une texture serrée, partie une texture légère ressemblant un peu à celle d'une scorie boursouflée; la couleur est plus noire et l'aspect général se rapproche de celui du brai, lorsqu'on a mis un peu trop de charbon pour les derniers ressuages.

Dans la masse, on voit des petites grenailles de plomb qui sont assez nombreuses, lorsque la température a été très-élevée à la fin du travail, parce qu'elles n'ont pu tra-

verser la matière qui était trop visqueuse. Si, à la fin de l'opération, alors que la chaleur est la plus forte, l'ouvrier, par négligence ou par maladresse, laisse descendre la température, la quantité de grenailles de plomb dans les mattes augmente sensiblement et d'autant plus que cet abaissement de la température a été plus fort.

On conçoit que les mattes qui sont plus ou moins fluides, présentent des différences assez notables dans leur richesse en plomb, et que la détermination d'une teneur moyenne exacte n'est pas possible, lorsqu'on se borne à faire une petite prise d'essai.

Il résulte d'un très-grand nombre d'analyses, que les mattes obtenues peuvent être considérées comme ayant en moyenne une teneur en plomb de 17 à 18 p. 100, et que ce plomb s'y trouve en faible partie à l'état métallique (petits globules), en partie à l'état de sulfure et en majeure partie à l'état de silicate qui a trouvé la silice nécessaire à sa production, dans la sole et les parois du four, et dans le menu charbon jeté avant les derniers brassages.

Voici l'analyse de deux échantillons de ces mattes choisis dans des résidus de charges différentes et qui, pour les personnes très-habituées à manier ces matières, paraissent pouvoir représenter la composition moyenne et ordinaire :

	PREMIER échantillon.	DEUXIÈME échantillon.
	p. 100.	p. 100.
Silice	29,66	28,10
Oxyde de plomb	23,50	32,80
Oxyde de zinc	25,33	20,80
Peroxyde de fer et alumine	15,08	14,70
Chaux	3,70	3,20
Soufre	0,38	0,10
Totaux	99,80	99,70

Ces mattes sont traitées au four à manche ou demi haut-fourneau ; quand elles renferment beaucoup de plomb à l'état de sous-sulfure, les scories de four à puddler le fer que

l'on emploie dans les fours à manche, décomposent les diverses combinaisons de plomb et de soufre sous l'action d'une température élevée et donnent lieu à la formation du sulfure de fer et du plomb métallique.

La production de mattes pendant la campagne a été de 6963 kilog. ayant une teneur moyenne de 18k,10 p. 100 de plomb; la plus forte teneur (à part la 1re charge) et la plus faible ont été de 26k.60 p. 100 et de 12k,12 p. 100.

Plomb obtenu. — Ce plomb 1re fusion est très-mou, très-pur et de qualité supérieure; il est entièrement livré aux fabricants de céruse.

Voici sa composition moyenne, résultat de nombreuses analyses.

Plomb.	99,9760	p. 100.
Argent.	0,0070	soit 70 grammes par tonne.
Fer.	0,0037	
Zinc.	0,0082	
Cuivre.	traces	
Total.	99,9959	

Voici l'analyse d'une galène, la composition du plomb en provenant, ainsi que la teneur en argent des plombs retirés à diverses époques de l'opération, avec cette même galène.

		p. 100.		p. 100.	
Galène.	Plomb. . . .	80,65	soit	92,41	Galène.
	Zinc.	1,66		2,49	Blende.
	Fer.	1,56		3,35	Pyrite.
	Chaux. . . .	0,41		0,80	Carbonate de plomb.
	Acide carbonique. . .	0,49		0,74	Calcaire.
	Soufre. . . .	14,97			
		99,74		99,79	

Plomb d'œuvre *première coulée* produit par cette galène :

Plomb	99,9800
Argent	0,0080
Fer	0,0074
Zinc	0,0066
	100,0020

La densité de ce plomb était de 11k,362.

Plomb d'œuvre *dernière coulée*, produit par le même minerai :

Plomb	99,9629
Argent	0,0020
Fer	0,0140
Zinc	0,0211
Cuivre	traces
	100,0000

La densité de ce plomb était de 11k,357.

Enfin, on a déterminé la teneur en argent des différents saumons produits pendant le traitement de ce minerai ; on a trouvé :

1er saumon	80	grammes d'argent par tonne de plomb.
2e —	80	*idem.*
3e —	75	*idem.*
4e —	70	*idem.*
5e —	68	*idem.*
6e —	59	*idem.*
7e —	38	*idem.*
8e —	20	*idem.*
9e —	20	*idem.*

En résumé, et comme on le sait depuis longtemps, les premiers saumons obtenus sont plus purs et de meilleure qualité comme plomb que les derniers et contiennent plus d'argent ; les derniers ont un aspect un peu plus blanchâtre, mais il faut faire assez attention pour remarquer cette différence ; ils sont aussi tant soit peu moins doux.

Vernis recouvrant les briques réfractaires à l'intérieur du

four. — Ce vernis est un silicate contenant 34 p. 100 de plomb; il est donc assez important d'employer pour la construction du four, des briques contenant le moins possible de silice.

Matières recouvrant la sole et y adhérant après l'enlèvement des dernières mattes. — Cette matière que l'on trouve recouvrant entièrement la sole après la mise hors feu et qui présente une épaisseur de 1/2 millimètre à 1 centimètre 1/2, est composée de crasses plombeuses contenant 28,80 p. 100 de plomb.

On en a retiré 15 kilog. pour une campagne.

Débris de la sole. — Ces débris formés de coke et d'argile qui n'ont pas été sensiblement altérés par l'action de la chaleur, renferment 1 1/2 à 2 p. 100 de plomb; on en a retiré 930 kilog.; on les met souvent de côté pour les introduire dans la composition de nouvelles soles. Lors de la confection de la sole, on a employé 2.513 kilog. de coke et d'argile, de sorte que sans compter ce qui a été utilisé pour les réparations pendant la campagne, il en est passé dans les mattes ou détruit par la combustion, etc., 1.583 kilog.

Matières recueillies dans le petit conduit qui va de la voûte du four à la petite cheminée, et dans cette cheminée. — Cette matière agglutinée que l'on détache des parois et du pied de la petite cheminée a une teneur en plomb de 48,80 p. 100; pendant la campagne, il s'en est produit 135 kil.

Poussières recueillies dans le conduit horizontal sur 7 mètres environ de longueur. — Cette poussière ayant une couleur un peu rougeâtre, a une teneur de 54,40 p. 100 de plomb; sa couleur est due probablement à du minium.

On en a recueilli 182 kilogr.

Poussières dans les chambres de condensation. — Teneur moyenne en plomb 54 p. 100; on en a ramassé 275 kilog.

Ces poussières dans le conduit et dans les chambres de condensation, renferment du plomb et du zinc en grande partie à l'état de sulfate; on a trouvé qu'en moyenne, elles

contenaient 54,17 p. 100 de plomb, et 2,45 p. 100 de zinc.

Ces poussières ne sont pas les seules que l'on pourrait recueillir ; à leur sortie des chambres, les gaz et les fumées se rendent dans la grande cheminée de 35 mètres de hauteur qui reçoit également les gaz et les fumées de plusieurs fours à briques et autres ; il est donc probable qu'il se dépose encore une certaine quantité d'oxyde ou de sulfate de plomb dans cette grande cheminée en mélange avec d'autres matières ; on n'en tient pas compte, parce qu'elles se trouvent noyées dans une forte quantité d'autres substances ou poussières.

Dans une campagne antérieure du four n° 1, dont les gaz, etc., en sortant ont à parcourir le conduit sur 14^m,50 de longueur pour arriver aux chambres de condensation, on a recueilli :

a) Dans la petite cheminée du four, 122 kilog. de matières plombeuses agglutinées ayant une teneur en plomb de 54 p. 100 ;

b) Dans les 7^m,60 premiers du conduit à compter de la petite cheminée du four, 210 kilog. de poussières légèrement rougeâtres, ayant une teneur en plomb de 56 p. 100.

c) Dans la deuxième partie du conduit de 6^m,90 de longueur, 249 kilog. de poussières plus blanches que les précédentes, contenant 52 p. 100 de plomb ;

Et *d*) dans les chambres de condensation, 117 kilog. de poussières plus blanches encore, ayant une teneur en plomb de 50 p. 100.

La teneur moyenne en plomb des poussières était de 52,70 p. 100 ; on a trouvé de plus qu'elles contenaient 2,37 p. 100 de zinc.

La durée de la campagne avait été de 48 jours ; la quantité de galène traitée a été de 57.000 kilog. et la production en plomb de 40.654 kilog.

En comparant les quantités de matières et de poussières recueillies dans cette campagne avec celles de la campagne décrite dans cette notice, on voit que le rendement du four n° 3 a été moins bon que celui du n° 1 dont le conduit, pour arriver aux chambres de condensation, a à peu près le double de longueur (14^m,50 au lieu de 7 mètres).

DEVIS D'UN MASSIF DE DEUX FOURS.

Pour établir la fondation d'un massif de deux fours, on creuse dans le sol sur une profondeur de 0^m,50 ; on établit une voûte en maçonnerie ordinaire pour chaque four, de manière que l'extrados soit au niveau du sol ; on égalise en remplissant les creux avec de la maçonnerie ; on établit sur cette maçonnerie le pavé du four et on monte les murs de côté, etc.

Maçonnerie pour 2 fours.

	francs.
Fouilles pour les fondations :	
3^m,85 × 4^m,50 × 0^m,50 = 8^{m3},66 à 0^f,70.	6,07
Maçonneries en briques ordinaires : 23^{m3},169 à 11^f,50, non compris main-d'œuvre.	166,21
Maçonneries en briques réfractaires : 15.750 kilog. de briques à 35 francs les 1.000 kilog.	551,25
Ciment pour mortier : 628 kilog. à 25 francs les 1.000 kil.	15,58
Main-d'œuvre des maçons.	240,00
Pour les deux petits conduits allant de la voûte du four à la petite cheminée :	
88 briques réfractaires à 6^k,25 pièce = . . . 550 kil.	
4 taques en terre réfractaire à 29 kil. = . . 116	
ensemble 666 kilog. à 35 francs les 1.000 kilog. . . .	23,31
Ciment, 27 kilog. à 25 francs les 1.000 kilog.	0,68
Main-d'œuvre.	2,50
Petite cheminée aboutissant au grand conduit horizontal :	
156 briques réfractaires à 6^k,25 l'une = 975 kilog. à 35 francs les 1.000 kilog.	34,24
Ciment, 39 kilog. à 25 francs les 1.000 kilog.	0,98
Main-d'œuvre.	2,16
A reporter.	1.042,98

	francs.
Report	1,042,98

Ferrailles.

Armature en fer de la petite cheminée.	9,10
20 pièces en fonte (armature du four) à 114 kilog. chacune, soit 2.280 kilog. à 16 francs les 100 kilog. . . .	364,80
4 châssis et portes pour les foyers et les portes de côté; 360 kilog. à 16 francs.	89,60
2 châssis et portes pour les portes de devant; 150 kilog. à 18 francs.	27,00
2 portes en tôle de fer pour abriter les chaudières; 22 kilog. à 30 francs.	6,60
84 mètres courants de boulons de 25 millimètres de diamètre, avec écrous et clavettes; 327 kilog. à 30 francs.	98,10
6 supports de grilles (sommiers en fonte), 690 kilog. à 14 francs.	96,60
8 pentures en fer et accessoires pour portes; 35 kilog. à 70 francs.	24,50
2 accroches de portes en fer; 4 kilog. à 30 francs. . . .	1,20
4 taques en fonte de 5 centimètres d'épaisseur pour placer sous les châssis des portes; 380 kilog. à 14 francs.	53,20
2 chaudières en fonte; 84 kilog. à 18 francs.	15,12
16 taques en fonte pour armatures, à 42 kilog. pièce; 672 kilog. à 14 francs.	94,08
8 barreaux de grille à 22 kilog.; 176 kilog. à 22 francs les 100 kilog.	38,72
20 taques en fonte à 42 kilog. pièce, pour couvrir le sol vis-à-vis de chaque porte du four; 480 kilog. à 14 francs les 100 kilog.	117,60
Main-d'œuvre pour placement des ferrailles et des armatures.	35,00
Imprévus.	80,00
Total.	2.194,20
Conduit pour 4 fours; 12m,20 de longueur à 22f,60 le mètre courant (fait sur poutrelles en fer), soit pour deux fours.	137,86
Total.	2.332,06
Soit pour un four.	1.166,03

En y ajoutant la dépense pour la sole, telle que nous l'avons établie précédemment, on arrive à 1.204f,75 soit 1.205 francs pour coût d'un four prêt à être mis à feu.

Dans ce devis, ne sont pas compris les frais généraux, la valeur du terrain, des bâtiments et des chambres de condensation.

En tenant compte de la dépense pour chambres de condensation et pour appropriations, la dépense par four s'élèverait à 1.450 francs environ.

Voici le détail du coût du grand conduit établi par mètre courant :

	francs.
30 kilog. de fer pour poutrelles à 15 kilog. au mètre courant, à 17 francs les 100 kilog.	5,10
42 briques réfractaires de 2 pouces à 3 kilog. pièce = 126 kilog.; couverture des conduits en terre réfractaire, 3,33 pièces par mètre courant à 58 kil. pièce = 193 kilog.; ensemble 319 kilog. à 35 francs les 1.000 kilog.	11,16
30 kilog. de ciment à 25 francs les 1.000 kilog.	0,75
Main-d'œuvre.	0,70
Maçonneries en briques ordinaires pour pieds-droits du conduit : $1,10 \times 0,60 \times 0,25 \times 2 = 0^{m3},33$ à 14 francs le mètre cube.	4,62
Imprévus.	0.27
Total.	22,60

Devis d'une réparation du four, après deux campagnes au plus.

	francs
1.101 kilog. de briques réfractaires à 3 francs les 100 kilog.	33,03
60 kilog. de terre à caller, à 2f,50 les 100 kilog..	1,50
100 kilog. de ciment à 25 francs les 1.000 kilog.	2,50
4 journées 1/2 de maçon à 2f,40.	10,80
1 journée de manœuvre à 1f,40.	1,40
Divers et imprévus.	0,77
Total.	50,00

La réparation après une campagne seulement, ne s'élève d'habitude qu'à 25 francs environ; après trois campagnes, elle dépasse 125 francs.

Il serait intéressant d'établir une comparaison entre le mode de traitement de la Nouvelle Montagne et celui d'autres usines; mais ce travail ne peut être fait actuellement d'une manière rigoureuse, parce que nous ne possédons pas encore *toutes* les données *exactes* qui se rapportent aux autres traitements, et parce qu'il serait convenable que la comparaison fût faite en traitant le même minerai.

Engis, 14 juin 1869.

RESSOURCES MINÉRALES DE L'ARIÉGE.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

DEUXIÈME PARTIE.

I. — Minerais de plomb argentifère et zinc.

Les minerais de plomb argentifère et zinc abondent dans toutes les formations anciennes du département; quelques-uns ont été l'objet de travaux très-importants depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours; en général, ils présentent de très-beaux affleurements superficiels; en profondeur, ils s'épuisent assez rapidement et donnent rarement lieu à des exploitations fructueuses d'une longue durée.

1° Roches primitives.

Les roches primitives à l'état de granite, gneiss ou micaschistes renferment rarement des minerais de plomb et zinc; la tradition en indique cependant une trace très-vague dans la formation granitique de Bassiès à la montagne de Saleix, sur le chemin du port de Coumebières.

2° Silurien inférieur.

Les schistes du terrain silurien inférieur présentent de très-nombreux affleurements de minerais de plomb argentifère et zinc, que je classerai suivant leur situation, vis-à-vis des massifs de roches primitives.

I. — Entre le massif primitif de la frontière et celui de Saint-Barthélemy ou des Trois-Seigneurs.

1° Causson et Vaychis, en veinules pauvres. . . . . . Alquifoux.
2° Albiès en rognons irréguliers dans des calcaires ferrugineux . . . , ... Galène.
3° Norgeat et Axiat de Miglos, en nids dispersés dans

	les champs	Galène.
4°	Sem, col de Rizoult	Alquifoux.
5°	Auzat, le Coulomiers	Blende et pyrite.
6°	Saleix	Id.
7°	Col d'Ercé de Monbéa	Galène et blende.
8°	Col d'Escotz d'Ustou	Calamine et blende.
9°	La Peyre d'Ustou, deux affleurements	Galène et blende.
10°	Carbouère d'Ustou, trois longs affleurements	Id.
11°	Le Sarrat de Margaridad d'Ustou, deux affleurements	Id.
12°	Peyronère d'Ustou, un long affleurement	Id.
13°	Couflens, la Bouche	Id.
14°	La Cabane d'Anglade de Salau	Id.
15°	La ouque de bouis de Salau	Id.
16°	Flouquet d'Orle, deux affleurements	Id.
17°	La Mail de Bulard, gros affleurement	Id.
18°	Chichoix de Sentein, grandes mines	Id.
19°	Maubermé de Sentein, quartiers du Coumelongue, de la fontaine d'Ardail, de l'étang d'Albe	Id.
20°	Lac d'Arraing	Galène et blende.
21°	Berguerasse de Saint-Lary, deux affleurements	Id.
22°	Le Rocher de Barbast, deux affleurements	Id.
23°	Le Rocher de Goulure-de-Saint-Lary	Id.
24°	La Clotte du vallon d'Autrech	Id.
25°	Peyronère, quatre affleurements	Id.

Dans cette même région sont quelques mines de zinc pur, sans plomb argentifère, aux points suivants :

1°	La Freychinière à Aulus	Blende.
2°	Caboussat d'Ustou, deux affleurements	Id.
3°	L'Artigue de Bielle (Ustou)	Id.

Les mines de plomb et zinc de Sem, Auzat, Saleix ont été décrites au mémoire spécial des ressources minérales du canton de Vicdessos.

Minerai de plomb de Montbéa (Massat). — Au fond du vallon de Courtignon, canton de Massat, près l'étang de l'Hers, est au contact de calcaires liasiques et roches primitives un banc de 150 à 200 mètres de schistes talqueux qui forme au pied de Montbéa un petit col conduisant de l'étang de l'Hers au village d'Ercé; dans ces schistes et à 100 mètres au plus au-dessus de l'étang sont deux galeries étagées sur 15 mètres de haut; la supérieure a 14 ou 15 mètres, l'inférieure 33 mètres; le minerai trouvé est de la galène et blende intimement mélangées, à grains fins et riches en

argent; le gîte est orienté O. 10° N. et plonge au sud de 70 degrés.

Minerai de plomb argentifère et zinc d'Ustou. — La formation silurienne de la vallée d'Ustou est très-riche en minerais de plomb argentifère et zinc.

Col d'Escotz. — A l'extrémité orientale de cette région, au col d'Escotz, est un affleurement de calamine avec ocre et blende de près de 2 mètres d'épaisseur; sa direction est O. 15° S. avec plongement de 80 degrés au sud.

La Peyre. — Au fond de la vallée, à 40 ou 50 mètres au-dessus de l'Escorce, sur la rive droite, sont les deux gîtes de la Peyre, comprenant deux filons voisins et parallèles de chaux spathique avec galène et blende à larges facettes, orientés O. 5° N. avec plongement nord de 80 à 85 degrés et 2 à 3 centimètres d'épaisseur.

Carbouère. — De l'autre côté de l'Escorce, les filons de Carbouère sont au nombre de trois, à peu près parallèles, sensiblement verticaux; deux d'entre eux ne sont séparés que par une couche stérile de 12 mètres de schistes micacés et talqueux, appartenant au terrain de transition; le troisième est séparé des deux premiers par les mêmes roches sur une épaisseur de 120 mètres; ces trois filons, sensiblement concordants avec les assises de la montagne, convergent vers le pic de Carbouère où ils se rejoignent; leur direction est O. 10° S.; les schistes talqueux forment le mur et le toit; pas de fentes dans les roches, pas d'épontes, pas de traces de glissement du toit sur le mur, mais simplement pénétration de la matière métallique dans les schistes, pénétration irrégulière, soit en direction, soit en épaisseur, qui a produit des rejets de la matière métallique assez nombreux, sans rejet des couches qui l'enclavent.

Le filon sud présente environ 0m.50 de schistes enrichis, le minerai y contient moins de gangue que dans les autres; le filon central qui, dans le bas, n'est séparé du précédent que par une dizaine de mètres de roches stériles, va le rejoindre à 100 mètres environ de la crête, sur le versant d'Escorce, en donnant un énorme affleurement de 4 à 5 mètres de puissance; ce filon présente en général un front de 1m,20 de schistes enrichis, mais le minerai est plus pauvre.

Dans ces deux filons, le minerai est formé d'un mélange intime de blende et galène à grains fins, riche en argent, difficiles à séparer par les voies ordinaires de la préparation mécanique des minerais; la gangue est schisteuse, quartzeuse et très-dure. Au sud de ces deux filons et à environ 100 à 150 mètres au plus, dans les régions voisines du bas de la vallée, on trouve une série de filons de por-

phyre euritique enclavés dans les schistes talqueux et micacés de la montagne.

Le troisième filon nord, qui est distant de 120 mètres du filon central dans les travaux inférieurs, se rapproche de lui vers l'ouest et va le rejoindre un peu au-dessous de la crête séparative des rivières d'Escorce et d'Aucèse et sur le versant de cette dernière: au point de jonction est un gros affleurement; il présente généralement 1 mètre de schistes enrichis; le minerai est à grains moins fins, le mélange de blende et galène est moins intime, le minerai contient moins d'argent. Dans tous ces filons, en profondeur, la blende diminue et la galène domine, mais les fronts s'appauvrissent.

Les travaux exécutés sur ces filons datent de cinq ou six ans. Ils comprennent:

Sur le filon sud, une galerie de 35 mètres avec tranchée et des labourages superficiels sur 10 à 15 mètres de haut.

Sur le filon central, une série de 6 galeries étagées sur 100 mètres de haut, dont quelques-unes ne sont que des attaques superficielles et d'autres atteignent 30 et 35 mètres de profondeur; dans les niveaux supérieurs ont été constatés d'anciens travaux d'origine inconnue; sur toute la hauteur des affleurements, quelques tranchées superficielles ont reconnu la continuité du gîte.

Le filon se poursuit jusqu'à la crête et descend sur le versant d'Aucèse; à 100 mètres au-dessous de la crête, à la jonction des deux filons nord et central, est un bel affleurement de blende, calamine et fer carbonaté; une petite amorce de 2 à 3 mètres a trouvé de la belle galène.

Peyronère. — Le gîte se poursuit au-delà, il traverse l'Aucèse et pénètre sur le versant de la montagne de Peyronère, qui sépare les vallons d'Ustou et de Salau en les gravissant suivant sa ligne de plus grande pente; tout récemment, à mi-côté de la montagne dont l'accès est des plus dangereux, une petite tranchée a reconnu, dans des schistes talqueux, un filon de blende et galène à grains fins tout à-fait identique aux gîtes de Carbouère.

Dans le courant des dernières années, les filons de Carbouère qui, jusqu'à ce jour, n'avaient été reconnus qu'à un niveau supérieur à 300 mètres au-dessus de l'Escorce, ont été découverts à un niveau très-inférieur, à 100 mètres au plus au dessus de la vallée. Une tranchée a révélé un beau filon de 0m,30 à 0m,40 presque massif, formé toujours d'un mélange intime de blende et galène, mais la galène domine.

Le Sarrat de Margeridad. — En descendant la rivière d'Escorce,

à partir du pied de Carbouère, on trouve sur la rive gauche de l'Escorce, au lieu dit le Sarrat de Margeridad, deux beaux affleurements de galène pure enclavés dans des schistes ardoisiers luisants ; l'un d'eux à $0^m,40$ de puissance, et l'autre, $0^m,60$. Ces affleurements traversent la rivière vers l'est, et se retrouvent sur le versant de Freychet.

Divers essais ont été faits, sur les minerais d'Ustou, au laboratoire de Vicdessos et m'ont donné les résultats suivants :

Trois échantillons ont été essayés :

1° Un mélange intime de galène et blende avec un peu de guangue et caractéristique du premier des trois principaux filons.
2° Un mélange de même nature appartenant au second filon.
3° Un mélange identique pouvant être une moyenne du troisième filon principal.

Les échantillons analysés sont des morceaux choisis; ils contiennent un peu moins de blende que la moyenne des filons auxquels ils se rattachent.

Échantillon n° 1.

Pour 100 grammes :

Plomb	39 gr.			
Argent.	00,065	65 gr. argent aux 100 kil.	de minerai.
		165	—	plomb d'œuvre.

Échantillon n° 2.

Pour 100 grammes :

Plomb.	57g,80			
Argent.	00,080	80 gr. argent aux 100 kil.	de minerai.
		138	—	plomb d'œuvre.

Échantillon n° 3.

Pour 100 grammes :

Plomb.	68g,40			
Argent.	00,040	40 gr. argent aux 100 kil.	de minerai.
		59	—	plomb d'œuvre.

Le minerai d'Ustou (Carbouère) contient quelques traces d'or. Au fond du vallon de la Bielle, qui débouche dans la vallée principale d'Ustou, en aval de Saint-Lizier, quelques indices de minerai de plomb et zinc, analogue à celui de Carbouère, ont été, à diverses reprises, constatés.

Les chantiers d'Ustou sont situés de 400 à 600 mètres au-dessus du fond de la vallée où est construit le bocard ; pour amener à ce dernier le minerai, la construction d'un couloir ou tout autre mode de transport économique est nécessaire ; du bocard au village de Saint-Lizier-d'Ustou, est un chemin muletier de 9 à 10 ki-

lomètres; de Saint-Lizier à la gare de Saint-Girons, est une bonne route de 27 à 28 kilomètres.

Montagne d'Anglade. — Au-delà de Peyronère, dans la montagne d'Anglade, on a exploité autrefois un filon de galène et blende massif à grains fins enclavé dans des schistes et dirigé sensiblement de l'est à l'ouest. Le minerai avait à la surface de $0^m,20$ à $0^m,30$; en profondeur il a presque complètement disparu. Dans les terres encaissantes, on trouve des litharges qui paraissent être les traces d'une importante exploitation.

Minerai de plomb argentifère et zinc du bassin du Lez. — Toutes les hautes montagnes du bassin du Lez, aux environs de Sentein, appartiennent à la formation des schistes inférieurs siluriens.

Port d'Orle. — Le granite n'apparaît au jour sur aucun des points de la crête frontière du bassin de Lez; mais tout le long de cette crête existe un soulèvement souterrain de roches primitives suivant une ligne O. 10 à 20° N. placée à environ 1 kilomètre sur le versant français, qui a produit dans les couches de transition qu'elles supportent, un double pendage anticlinal. La branche sud de transition forme presque toutes les crêtes frontières; la branche nord, après le soulèvement, a été considérablement ravinée; les hauteurs qu'elles formaient ont presque complétement disparu avec tout ce qu'elles pouvaient contenir. Une exception seulement a été faite à l'extrémité ouest du bassin, au quartier de Chichoix, où sont les mines exploitées dites de Sentein et Saint-Lary.

Au milieu de cette formation schisteuse à double pendage est un grand banc calcaire de 40 à 60 mètres, imprégné de filets métalliques qui tranche très-visiblement sur tous les versants de montagnes au milieu de couches schisteuses fortement déchiquetées et teintées de couleurs foncées. Cet affleurement offre, comme les assises encaissantes, un double pendage, soit au sud, soit au nord; son affleurement méridional, presque horizontal avec une légère pente de quelques degrés au sud, apparaît depuis le fond de la vallée de Riverot, au pied de Montvaillier jusqu'au port de la Hourquette, à l'extrémité du val de Chichoix; il est surtout bien visible sur le versant nord du haut pic de Maubermé.

Au port d'Orle, il a été l'objet de quelques recherches récentes. Le minerai est toujours au contact de cette bande calcaire très-constante et des schistes pyriteux du toit; la couche métallique, très-variable, parfois atteint 5 à 6 mètres de blende pure, comme au pic de Cornave qui domine à l'est le port d'Orle, en divers points de la Mail de Bulard, au port d'Uretz; d'autrefois elle se

réduit à quelques traces de blende et galène éparses dans le calcaire; le minerai, à la surface, est surtout formé de blende, et rarement de galène.

La branche nord de l'affleurement calcaire a disparu, emportée par les eaux, dans presque tout le bassin du Lez, et ne se retrouve qu'au fond du val de Chichoix, où elle forme la base de l'exploitation des mines de Sentein et Saint-Lary.

Bonac. — Dans la même vallée d'Orle, au lieu dit Flouquet, avant de gravir la montée du port, est un petit filon de galène à grains fins très-argentifère de $0^m,20$ de puissance; il est orienté O. 50° N. avec plongement de 45° au nord-est; le toit est schisteux, le mur est calcaire.

Chichoix (Sentein). — Le quartier de Chichoix est situé à 1.900 mètres au-dessus du niveau de la mer, tout près du port de la Hourquette qui conduit de la vallée de Biros à la vallée d'Aran; les affleurements sont concordants avec les couches de la montagne et orientés O. 10° à 15° N. Le toit est formé par un schiste gris noirâtre compact, à assises minces et très-régulières; ce schiste est très-pyriteux et donne par décomposition des pyrites, des sources ferrugineuses et des fers limoneux. Le mur du filon argentifère, en tout temps fort distinct du toit, se compose d'un calcaire gris compact à veinules de chaux spathique, oxide de fer et blende, fréquemment rubanné, blanc et noir et parfois siliceux.

L'affleurement (Pl. III, *fig.* 4) formé de quartz au toit, de chaux spathique avec blende et galène du côté du mur, est sensiblement rectiligne; il est dirigé O. 10° à 15° N. et part presque du port de la Hourquette pour descendre avec une régularité remarquable sur plus de 2 kilomètres, en se dirigeant vers le bocard situé au hameau d'Aylie au bas de la vallée. Cet affleurement prend en écharpe les montagnes qui forment la rive gauche du vallon de Chichoix; il n'est point également riche dans toute cette étendue, les masses de minerai paraissent concentrées au sommet de la montagne, sur un espace horizontal assez restreint.

Tout le long de son affleurement, le filon est sensiblement horizontal et, à mesure qu'il s'avance dans le cœur de la montagne, il s'incline de plus en plus jusqu'à prendre un pendage de 45° vers le nord, à 100 mètres du jour. Sur chaque point, le toit schisteux est fort net et est séparé distinctement du filon par une salbande terreuse parfois mince; le mur, au contraire, contient souvent des masses énormes de chaux spathique et d'oxyde de fer, de nombreuses poches de minerai tantôt isolées, tantôt communiquant avec les masses principales du contact par des conduits étroits et

difficiles à retrouver ; il y a dissémination de la substance minérale dans le mur jusqu'à 40 et 50 mètres du filon.

Les travaux exécutés jusqu'à ce jour permettent de considérer le gîte de Chichoix comme une succession de poches presque horizontales, avec un léger pendage au Nord. La surface supérieure de ces poches est au contact des couches schisteuses du toit et de l'amas calcaire du mur ; ces poches ne pénètrent jamais dans le toit dont elles se séparent très-nettement, mais elles s'enfoncent plus ou moins profondément et sur une étendue horizontale variable dans le calcaire du mur ; elles sont reliées entre elles par un banc terreux généralement pauvre en minerai de $0^m,30$ à $0^m,50$ de puissance au plus, situé au contact des schistes et des calcaires, qui peut servir de guide dans les travaux de recherches.

Les principaux travaux de Chichoix sont en commençant par les plus élevés et descendant suivant la direction Ouest-Est le long des affleurements (Pl. III, *fig*. 5 et 6).

Espeleta. — Le gîte presque horizontal plonge à peine à la surface de 10° au Nord. Le travail conprend une grande tranchée de 6 mètres à 10 mètres, suivie de trois petites galeries en diverses directions. La tranchée a été pratiquée sur une masse de blende et oxide de fer de belle qualité, mais pauvre en galène, de 2 mètres d'épaisseur ; en profondeur, dans la galerie de gauche elle est remplacée par de l'ocre et devient inexploitable. Cet ocre contient des terres avec plomb carbonaté et silicaté et de belles calamines cristallines.

Dans les deux autres galeries, dont les fronts de taille sont inondés, le blende disparaît peu à peu et fait place à de la galène rocheuse, sur $0^m,50$ à $0^m 80$ de puissance. Ces travaux sont inondés et abandonnés.

Saint-Louis et Amélie. — Entre Espeleta et l'ancien chantier de Lagarde, mais beaucpup plus près de cette dernière mine, est un assez bel affleurement de galène argentifère sur lequel a été commencée, en 1864, une galerie du nom d'Amélie ; après avoir marché horizontalement pendant 10 à 12 mètres, cette galerie est entrée en descenderie suivant le pendage qui est de 25° à 30° et a continué en galène rocheuse pauvre pendant 40 mètres.

Vers la tête de la descenderie, à la fin de 1864, une petite recoupe suivant une fente terreuse, au bout de quelques mètres a rencontré une large faille donnant beaucoup d'eau, et au delà, un grand amas terreux et renfermant des terres calamineuses imprégnées de plomb carbonaté tenant dans leur masse de nombreux noyaux de belle galène tout à fait pure.

Cet amas n'est autre qu'une grande poche située sur affleurement général de Chichoix, mais dont les détritus de roches voilaient la présence ; cette poche est presque horizontale près de la surface et tend à prendre un plongement plus accentué vers le sud à mesure qu'on pénètre dans l'intérieur ; en même temps elle diminue de puissance et de richesse.

Dans cette poche le minerai paraît stratifié en couches de natures diverses, cette stratification est assez régulière; au mur ou base de l'amas, les terres calamineuses pauvres en plomb dominent, par places sont de vraies calamines blanches, presque pures ; à la voûte et au centre, les terres carbonatées sont plus riches, la teneur de ces terres dépend du reste surtout du nombre de noyaux de galène accumulés et ces noyaux se concentrent parfois en amandes au centre de l'amas terreux ; contre la voûte, on retrouve de nouveau des terres ocreuses sans calamine, mais pauvres en plomb ; tous les bords de l'amas terreux sont pauvres et minces, la poche se réduit souvent à $0^m,50$ et $0^m,40$ sur d'assez grandes étendues tout le long de son pourtour; au centre l'épaisseur atteint plus de 3 mètres et les noyaux de galène s'y accumulent en couches qui dépassent $0^m,80$ et 1 mètre.

Une fois constatée par les travaux intérieurs d'Amélie, la poche terreuse a été poursuivie soit par des galeries dirigées en sens variés et venant de cette dernière mine, soit par des travaux venant directement du jour.

Au milieu de l'amas entre Espoleta et Amélie, après avoir enlevé quelques débris de roches qui cachaient le minerai, on a ouvert à partir du jour, une nouvelle galerie qui porte le nom de Saint-Louis ; depuis cette entrée, on a pénétré suivant la ligne de plus grande inclinaison du gisement dirigé sud-nord ; de distance à autre, des recoupes est-ouest ont été faites pour reconnaître les dimensions de l'amas dans les deux sens extrêmes des avancées et l'on a rejoint les travaux venant d'Amélie. Ces recherches ont permis de reconnaître le pourtour complet de l'amas terreux, qui paraît avoir une longueur approximative de 120 mètres et environ 100 mètres du sud au nord, suivant la ligne de plus grande inclinaison du gisement ; l'amas en forme de lentille peut avoir $3^m,50$ au centre, on peut lui donner par grossière approximation une épaisseur moyenne de $1^m,50$; le minerai est travaillé seulement au pic, s'extrait avec la plus grande facilité, et après triage et préparation mécanique, peut donner un tiers de son poids de minerai livrable au commerce.

L'amas est complétement circonscrit par la roche dure, stérile,

du côté de l'est ; vers l'ouest, les recherches continuent toujours et s'avancent sous Espeleta ; au sud, en profondeur, une reconnaissance dans les terres carbonatées a été faite jusqu'au niveau d'Edouard ; elle continue encore.

Lagarde. — L'entrée est un grand vide provenant d'un dépilage. A cette entrée était une immense poche de blende et galène de 3 à 4 mètres de puissance sur 6 à 7 mètres de large en direction ; en marchant du sud au nord, on a procédé à l'enlèvement du minerai par grandes tailles dirigées de l'est à l'ouest jusqu'aux deux limites de la poche en ces deux sens ; en profondeur, la poche a grandi en puissance et en direction ; elle a atteint, à 50 mètres du jour, plus de 15 mètres de large sur 4 mètres de haut. On est descendu avec un léger rétrécissement, jusqu'à 100 mètres du jour sur une hauteur de 35 mètres. Dans la première moitié de ce parcours, le gîte était presque horizontal ; son inclinaison au nord ne dépassait pas 15° ; dans la seconde moitié, l'inclinaison a été portée à 40°, le gîte s'est, de plus, concentré sur lui-même et a été réduit, au front à $1^m,50$ et 2 mètres.

Au fond de Lagarde, deux galeries d'allongement ont été poussées aux avancées de l'ouest, en laissant entre elles une hauteur de minerai de 15 mètres ; elles ont toutes les deux marché pendant 30 mètres en minerai ; à leurs extrémités s'est terminée la colonne riche.

La galerie supérieure a été prolongée sur une longueur de 45 mètres, à partir du vide ; elle a traversé deux petits enrichissements de minerai de 3 à 4 mètres et a pénétré dans l'amas de terres riches carbonatées qui descend jusqu'à ce niveau.

Du côté de l'est, le fond de Lagarde a été mis en communication avec les chantiers inférieurs d'Édouard par une longue galerie pauvre.

Édouard. — La galerie débute par une poche au mur de 6 mètres de puissance ; elle pénètre dans le calcaire du mur où elle reste dans tout son parcours ; elle a trouvé plusieurs poches de minerai au mur qui ont égaré les recherches et n'avaient pas de profondeur. Dans ces derniers temps, le front a été retourné vers le toit, a rencontré le gîte au contact des schistes et calcaires formé de $0^m,80$ à 1 mètre de blende.

A l'entrée d'Édouard est une petite traverse conduisant à un vide déjà ancien, dit vide Tiboulet, produit par le dépilage d'une masse de galène épuisée sur tous ses fronts ; la galène de belle qualité, presque pure, avait $0^m,80$ de puissance. Le fond de ce vide communique par descenderies avec le niveau inférieur de Jésusita.

Jésusita. — L'entrée est en minerai dans une belle poche au mur, l'avancée a pénétré dans le calcaire du mur; plus loin, elle a été retournée directement au toit et a reconnu un gîte pauvre. En descendant de Jésusita vers l'est, on trouve, à 60 et 100 mètres de son entrée, deux petites tranchées qui assurent la continuité du gîte blendeux avec quelques filets de galène et de quartz au toit; plus bas, les affleurements s'appauvrissent.

Pépita. — L'entrée est dans une poche de minerai qu'elle laisse à son couronnement; elle suit le minerai pendant 10 mètres, pénètre sur sa gauche, dans le mur où elle reste jusqu'à son front. Vers le jour, sur la droite, est une amorce qui a recoupé le gîte pauvre formé de blende et ocre.

Les Allemands. — De Pépita vers l'est, l'affleurement est presque horizontal; au-dessus de la maison de Bentaillou est une assez grande tranchée sur cet affleurement, appelée tranchée des Allemands, de 25 à 30 mètres de long; elle présente un filon variable de $0^m,50$ à 1 mètre et parfois 2 mètres, formé de quartz, chaux spathique et blende; la galène se montre aussi parfois à la surface.

Poches au mur. — Outre le filon principal sont dans le mur du gîte de nombreuses poches de minerai avec travaux d'explorations entrepris à diverses époques; ces poches sont complétement isolées et n'ont jamais donné de grands résultats; en dessous de Jésusita est une de ces poches où l'on reconnaît des travaux très-anciens faits au pic et à la pointerolle.

Divers. — A partir des Allemands, l'affleurement, pendant plusieurs centaines de mètres, est caché sous le gazon; puis, de l'autre côté du ruisseau de la Cigalère, il reparaît en descendant lentement jusqu'à mi-côte du bocard. Des labourages et petites galeries ont eté essayés sur cet affleurement sans succès.

Au delà de Bentaillou, vers l'ouest, sont dans la Coume d'Albe deux petites tranchées sur des affleurements analogues à ceux de Chichoix.

Plus loin encore, sur les bords du lac d'Arraing, sont quatre tranchées sur des indices de galène et blende.

Tous les minerais de cette nature exigent, pour être amenés à l'état de schlieg commercial, de longues préparations mécaniques, dont on peut voir un bel exemple appliqué au bocard de Sentein; on enrichit la galène à 60 ou 65 p. 100 de plomb, et dans ces conditions, elle rend en moyenne 55 à 65 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de minerai.

Bocard de Sentein. — Le bocardage se fait sous des pilons ou des cylindres broyeurs; on broie plus ou moins fin, suivant que le

mélange de blende et galène est plus ou moins intime; mais généralement on évite les schlamms fins et l'on fait, autant que possible, des grenailles et des sables. Les grenailles sont traitées aux cribles à secousses, les sables grossiers aux caisses allemandes à tombeau, les sables fins aux tables à secousses, les plus fins aux round-buddles et les schlamms en petite quantité aux tables tournantes et dormantes.

Les terres carbonatées sont vendues après cassage et triage à la main et très-faible préparation mécanique, au prix moyen de 80 francs à 100 francs la tonne; leur teneur varie entre 25 et 45 p. 100 de plomb et 20 à 40 grammes d'argent aux 100 kilogrammes de minerai.

Les mines de Bentaillou sont à environ 1.900 mètres au-dessus du niveau de la mer et à 1.000 mètres du bocard construit au hameau d'Aylie; depuis longtemps, elles ont été mises en communication avec le bocard par une route charrettable ayant un développement de 14 à 15 kilomètres.

Dans le courant de l'année 1867 a été commencée au bocard d'Aylie l'installation d'une fonderie pour le traitement des minerais de Chichoix; cette installation comprend quatre grands fours de grillage et agglomération pour les galènes et terres carbonatées, un four de grillage spécial pour les blendes, un four de calcination pour les calamines et deux fours à manches pour le traitement des produits grillés ou agglomérés.

Chaque four d'agglomération a une surface de chauffe de $0^m,55$ de long sur $1^m,65$ de large, est à double sole superposée; la sole inférieure a 2 mètres de large sur $8^m,40$ de long, une hauteur de $0^m,40$ à la voûte et $0^m,20$ aux pieds-droits; la seconde sole est identique.

Chaque four à manche est circulaire, à $1^m,10$ de diamètre, une hauteur de $1^m,60$ au-dessus des tuyères et un creuset de $0^m,45$ à $0^m,50$ de profondeur; le vent est donné par deux tuyères situées au même niveau.

Des rampants suivis d'une haute cheminée condensent les fumées.

Diverses variétés des minerais de Chichoix ont été essayées à mon laboratoire de Vicdessos. Ce sont :

1° Une galène massive, cubique, à facettes assez larges sans apparence de blende visible à l'œil nu.

2° Une galène compacte à grains un peu plus fins paraissant exempte de blende et gangue.

3° Un mélange de carbonate et silicate de plomb et zinc cristallin, jaunâtre dit terre carbonatée.

4° Un carbonate et silicate de plomb blanc terreux et farineux en couches minces sur des noyaux de galène.

5° Un plomb carbonaté pur, blanc, cristallin, concrétionné comme les hématites autour d'un noyau de galène.

6° Un silicate de plomb cristallin en aiguilles soyeuses, blanches, pur et fort rare, trouvé au milieu des terres carbonatées.

7° Une blende pure massive.

L'essai de la blende pour argent a été fait en mélangeant à 10 grammes de minerai 10 grammes de litharge sans argent.

L'essai des minerais de plomb a été fait sans aucune addition.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Galène massive à larges facettes.

Pour 100 grammes :

Plomb	71 gr.			
Argent	00,135	135 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		190	—	plomb d'œuvre.

2° Galène massive à grains plus fins.

Pour 100 grammes :

Plomb	69g,80			
Argent	00,115	115 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		165	—	plomb d'œuvre.

Le dernier minerai est beaucoup plus rare à Sentein que le précédent.

3° Mélange jaune terreux de silicate et carbonate de plomb et zinc.

Pour 100 grammes :

Plomb	60g,000			
Argent	00,045	45 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		75	—	plomb d'œuvre.

4° Plomb carbonaté, terreux blanc et farineux.

Pour 100 grammes :

Plomb	69g,50			
Argent	00,065	65 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		94	—	plomb d'œuvre.

5° Plomb carbonaté, blanc, cristallin concrétionné.

Pour 100 grammes :

Plomb	69g,50			
Argent	00,005	5 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		7	—	plomb d'œuvre.

6° *Plomb silicaté en aiguilles soyeuses.*

Pour 100 grammes :
Plomb. 60g,60
Argent. . . . . . . 00 ,003 3 gr. argent aux 100 kil. de minerai.
5 — plomb d'œuvre.

7° *Blende massive pure à larges facettes.*

Pour 100 grammes :
Plomb. 00g,00
Argent. . . . . . . 00 ,01 1,00 gr. argent aux 100 kil. de minerai.

La galène et le plomb carbonaté de Sentein contiennent de l'or en notables proportions, dont la quantité peut être estimée à 3 grammes à la tonne de minerai.

Du bocard de Sentein, une route charrettable assez bonne, de 30 à 32 kilomètres, conduit à Saint-Girons.

Minerai de plomb argentifère et zinc de Saint-Lary. — Berguerasse. — A l'ouest du col de Nédé était, au quartier de Berguerasse, un gros amas limité en tout sens de galène à grains fins, mélangée de blende riche en argent, de 6 à 8 mètres de long sur 4 mètres de haut et 5 à 6 mètres de large; il était accompagné du côté du sud par un filon vertical de quartz de 1 mètre d'épaisseur et dirigé O. 30° N.; cette masse a été complétement enlevée et se termine en haut et en bas par deux filets de galène pauvre.

Au toit de Berguerasse et à 2 kilomètres à l'aval sont plusieurs affleurements pauvres de galène avec blende dans les schistes plongeant au nord.

La Clotte. — A 3 kilomètres à l'ouest, après avoir traversé un petit col qui conduit du vallon de Rouech à celui d'Autrech, on trouve au quartier de la Clotte, au-dessus de la forêt de Joubac, un filon de 1 mètre de puissance, plongeant de 60° au nord et orienté O. 10° N., accompagné à son mur par un filet quartzeux de 0m,30; le minerai est riche en argent et n'a presque pas de blende.

Peyronère. — En montant de la Clotte au fond de la vallée d'Autrech, à 100 mètres au-dessous du col qui conduit à la vallée d'Isard, au quartier de Peyronère, sont deux filons parallèles de 0m,50 à 1 mètre de puissance séparés entre eux par 40 ou 50 mètres de schistes de la montagne; le minerai est un mélange de blende et galène à grains fins, riche en argent; le filon nord contient, en outre, de la pyrite de fer; ces deux gîtes sont orientés O. 10° S. et plongent de 50 à 60° au nord; ils se prolongent vers

l'est sous le pic qui domine de ce côté le col de l'Isard, et du côté de la Haute-Garonne, dans la vallée de Couledoux, où l'on trouve des restes importants d'anciens travaux.

Des essais faits au laboratoire de Vicdessos par M. Benoît sur ces minerais ont donné les résultats suivants :

1° *Galène de Peyronère lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	68^{g},70			
Argent.	00 ,100	100	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		140	—	plomb d'œuvre.

2° *Galène de Peyronère lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	68^{g},80			
Argent.	00 ,005	105	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		150	—	plomb d'œuvre.

3° *Galène de Berguerasse non lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	49^{g},000			
Argent.	00 ,070	070	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		140	—	plomb d'œuvre.

4° *Galène de Berguerasse non lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	69^{g},000			
Argent.	00 ,105	105	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		150	—	plomb d'œuvre.

5° *Galène de Berguerasse lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	70^{g},60			
Argent.	00 ,105	105	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		150	—	plomb d'œuvre.

6° *Galène de Berguerasse lavée.*

Pour 100 grammes :				
Plomb.	73^{g},2			
Argent.	00 ,125	125	gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		160	—	plomb d'œuvre.

Les mines de Saint-Lary sont à des niveaux assez élevés au-dessus de ce dernier village ; les unes à 300 mètres, d'autres à 500 mètres ; le transport des chantiers à Saint-Lary ne peut se faire qu'à dos de mulet, sur des trajets variables entre une et trois heures ; de Saint-Lary, une route de 18 kilomètres conduit à Saint-Girons.

II. — *Entre le massif des Trois-Seigneurs et celui du Picou, région de Massat.*

1° Balmiou, près Massat. — Galène et blende.

Minerai de plomb de Balmiou (Massat). — Au fond du vallon de Balmiou, qui descend du sud vers le nord à Massat, on trouve tout près de la lisière des roches primitives, granite et gneiss, un filon de plomb encaissé dans les schistes de transition inférieurs, orientés par exception O. 60 à 65° S., avec plongement de 55 à 60° vers l'est; l'affleurement concordant avec les couches court suivant la ligne de plus grande pente de la montagne; il contient de la blende, galène, fer et chaux carbonatée, pyrite de fer et cuivre.

Trois étages de travaux ont été exécutés :

L'attaque supérieure comprend une galerie de 8 mètres *dirigée* O. 70° S., commencée sur un filon de quartz pauvre en minerai qui persiste jusqu'à son front avec une épaisseur constante de 0m,20; elle se termine dans les schistes imprégnés d'un peu de galène sur une épaisseur de 0m,40 à 0m,60. A 15 mètres plus bas est une galerie de 32 mètres; pendant 10 à 12 mètres elle suit un filon régulier de 0m,30 ayant la direction O. 60° S.; au toit le fer et la chaux carbonatée dominent; la masse du mur peut donner un cinquième de son poids de galène à 34 p. 100 de plomb; au delà le filon se réduit à 0m,10 et au front a presque disparu.

A l'entrée de la galerie sur la gauche est une descenderie de 8 à 10 mètres en plein minerai commencée pour rejoindre l'étage inférieur. A 15 mètres plus bas est l'attaque inférieure formée d'une galerie en direction de 27 mètres de parcours avec une recoupe de 16 mètres perpendiculaire à la direction primitive; à l'entrée est un filon pauvre de 0m,10 présentant à peine quelques traces de galène, dirigé O. 70° S. et continu jusqu'au fond de la galerie; après 32 mètres dans cette direction, on a trouvé sur la droite un filon assez beau suivant la direction O. 10° N. avec plongement de 55° au sud et croisant le précédent à angle droit; ce filon très-plat est formé de belle galène à grains fins, pure, sans blende, n'ayant pas d'autre gangue que le fer et la chaux carbonatée avec une épaisseur bien soutenue de 0m,30; une galerie de 16 mètres a été percée en le suivant, son front est en plein minerai.

Trois échantillons de ces mines ont été essayés à mon laboratoire de Vicdessos :

1° Un mélange de galène avec blende, et gangue en assez grande quantité, le minerai se sépare difficilement de la gangue carbonatée, au milieu de laquelle il est disséminé ; cet échantillon représente le beau minerai sortant des travaux.
2° Un échantillon de minerai exceptionnel soigneusement enrichi par cassage et triage à la main.
3° Un mélange, galène et blende assez riche, contenant beaucoup de gangue qui ne pourrait être enlevée que par le lavage.

Tous ces échantillons appartiennent au filon croiseur.
Les résultats obtenus sont les suivants :

Échantillon n° 1.

Pour 100 grammes :

Plomb.	18g,000			
Argent.	00 ,095	095 gr. argent aux 100 kil.		de minerai.
		528	—	plomb d'œuvre.

Échantillon n° 2.

Pour 100 grammes :

Plomb.	47g,50			
Argent.	00 ,215	215 gr. argent aux 100 kil.		de minerai.
		452	—	plomb d'œuvre.

Échantillon n° 3.

Pour 100 grammes :

Plomb.	27g,50			
Argent.	00 ,105	105 gr. argent aux 100 kil.		de minerai.
		382	—	plomb d'œuvre.

Les mines de Balmiou sont à 500 mètres au-dessus du village de Massat; pour amener le minerai à ce dernier village, un trajet de deux heures à dos de mulet est nécessaire; de Massat à Saint-Girons est une bonne route de 21 kilomètres.

III. *Au nord du massif primitif de Tabes et du Picou.*

La bande silurienne qui s'étend au pied du massif primitif le plus septentrional renferme d'assez nombreux indices de minerai de plomb argentifère et zinc, dont les principaux sont les suivants :

1° Roquefort de Tresbens, deux affleurements.	Galène (alquifoux).
2° Le Sarrazi du Montcoustant.	Id.
3° Travaux anciens du Montcoustant, deux affleurements.	Id.
4° Montcoustant, Montou, grande mine.	Id.
5° Micou près Castelnau, cap de la Coste.	Galène antimoniée.

6° Forêt de Rivernert, trois affleurements. . . . . . . Galène et blende.
7° Les Abères de Rivernert, sept affleurements. . . . Id.
8° Soulan, montagne de Calamane. . . . . Id.

Dans la même région est une mine de zinc pur argentifère à :

1° Le Bez des Abères, près Rivernert, deux affleurements. . . . Blende.

Alquifoux du Moncoustant, Cadarcet. Pl. III, *fig.* 7 et 8. — Sur les schistes de la montagne de Moncoustant repose la formation secondaire du trias; entre les schistes et le trias sont des roches ophitiques où les schistes amphiboliques parsemés de cristaux rares de feldsdath dominent.

Au contact de cet ophite et des schistes anciens, riches en noyaux de pyrites, est un amas de calcaire blanc magnésien, assez épais, allongé du nord au sud, partant de la roche ophitique pour s'avancer plus ou moins loin, suivant les niveaux dans les schistes, dont l'orientation générale est E.-O.

Cet amas calcaire affleure à peine au jour ; généralement recouvert par le gazon, il est rarement visible; en profondeur il grandit rapidement, soit en épaisseur de l'est à l'ouest, soit en étendue du nord au sud; au fond des travaux dont la profondeur ne dépasse pas 60 mètres, il a été déjà reconnu sur une longueur de plus de 160 mètres, et paraît continuer au delà.

Ce calcaire est traversé d'un assez grand nombre de craques ou surfaces de délits qui le recoupent de l'est à l'ouest, d'une paroi schisteuse à l'autre, et qui parfois rejettent le minerai de quelques mètres, soit à l'est, soit à l'ouest.

Le gisement de plomb forme dans cet amas un second amas plus petit, allongé comme le calcaire du nord au sud, qui affecte un plongement général ouest de 70 à 75°.

Le minerai est généralement complétement enclavé dans le calcaire; dans ce cas il est plus riche, mieux soutenu, moins capricieux; il est compris dans un plan régulier, quoique rejeté par des craques à de faibles distances, soit à l'est, soit à l'ouest; quelquefois il est refoulé complétement en dehors de la masse calcaire, à son contact avec les schistes encaissants ; il est alors beaucoup plus pauvre plus ou moins blendeux, formé de rognons isolés, sans continuité, et donne à l'exploitation des résultats médiocres.

Malgré ces rejets, l'ensemble de l'amas forme un tout assez régulier en grand, dirigé nord-sud et plongeant à l'ouest de 70 à 75°; dans ses détails il est fort irrégulier, formé de noyaux en chape-

lets juxtaposés qui atteignant parfois 1 mètre d'épaisseur, se maintiennent rarement plus de 2 mètres de suite avec la même puissance, se réduisent fréquemment à de simples filets terreux ou salbandes qui permettent de les retrouver plus loin avec une nouvelle puissance, également toujours fort variable suivant l'allongement du filon et le pendage; l'ensemble des amas riches paraît disposé en deux colonnes à peu près verticales, séparées entre elles par une région presque stérile de 30 mètres d'étendue.

La première colonne située du côté du nord a été tout d'abord découverte et est l'objet d'importants travaux depuis plusieurs années; au jour elle apparaissait sur 2 à 3 mètres au plus avec une épaisseur de quelques centimètres; elle n'a pas tardé à prendre une étendue de 12 à 15 mètres, à quelques mètres de profondeur, à augmenter très-rapidement, et elle paraît descendre assez régulièrement avec une longueur de 50 à 60 mètres; elle persiste au fond des travaux.

La seconde colonne, située au sud de la précédente, peut avoir 50 mètres d'étendue du nord au sud, 15 à 20 mètres de haut avec une épaisseur moyenne de $0^m,50$; comme dans la première le minerai est encaissé dans le calcaire métallifère magnésien, la galène est disposée en chapelets irréguliers en tout sens, fréquemment rejetés à l'est et à l'ouest, par des craques ou délits perpendiculaires à la direction générale.

Le minerai est de la galène cubique à larges facettes qui bien nettoyée peut rendre 82 p. 100 de plomb et 21 grammes argent aux 100 kilog. de minerai; dans l'état ordinaire du travail, elle donne de 70 à 72 de plomb après un léger triage à la main et une faible préparation mécanique; elle est assez fréquemment mélangée de blende qui tapisse la galène en mouches, ou en forme de brèches; le mélange n'est jamais intime et la séparation mécanique des plus faciles; une grande partie du minerai est vendue en gros morceaux après simple cassage et triage à la main, et pour les menus une préparation mécanique très-grossière suffit à enlever la blende et à rendre le minerai très-commercial.

La gangue du minerai est formée de blende, calcaire magnésien avec baryte sulfatée, gypse et anhydrite; dans les craques où le filon est pauvre, on trouve de très-beaux échantillons contenant des galènes, blendes, pyrite avec baryte sulfatée cristalline en lentilles aplaties et de l'anhydrite.

Les travaux se composent de deux galeries à travers bancs dans le toit du gisement, allant de l'ouest vers l'est, l'une supérieure qui a atteint le minerai au bout de 15 mètres, l'autre inférieure

de 10 mètres qui l'a recoupé après un parcours de 40 mètres dans le calcaire encaissant.

Un puits vertical au toit destiné à recouper le minerai en profondeur a été abandonné à une profondeur de 30 à 32 mètres; son fonçage était trop coûteux, la roche d'ophite où il avait été commencé était très-dure; il a été mis en communication avec l'étage inférieur par une recoupe à travers bancs.

Un puits incliné suivant le pendage a été percé à partir du point où la galerie d'écoulement inférieure avait rencontré le minerai; il a 40 mètres de profondeur et sert à l'épuisement et à l'extraction; un treuil avec rails en fer y a été installé dans de bonnes conditions, ainsi que des pompes mues à bras; les eaux sont abondantes au fond des travaux, et l'épuisement en est fort coûteux; dans le puits du toit, on pourrait installer soit un manége à chevaux, soit tout autre appareil moteur mécanique qui pourrait suffire à l'extraction et à l'épuisement.

Le gisement a été reconnu sur près de 60 mètres de haut; huit niveaux ou galeries d'exploitation ont été tracés suivant l'allongement nord-sud et poussés aussi loin que possible dans l'amas exploitable; du côté du nord les galeries supérieures ont buté contre les schistes stériles ophitiques, du côté du sud contre les schistes siluriens, également stériles; mais dans les niveaux inférieurs le calcaire magnésien subsiste à presque tous les fronts, soit au nord, soit au sud, et les recherches continuent avec fruit aux deux avancées.

Des chemins de fer pour le roulage sont installés dans les principales galeries.

Les niveaux d'exploitation sont reliés par un grand nombre de cheminées verticales, destinées à l'aérage et l'abatage du minerai.

Les niveaux ont du nord au sud, suivant l'allongement, l'étendue suivante :

1°	Niveau	Saint-Louis	37	mètres.
2°	*id.*	Sainte-Victoire	48	—
3°	*id.*	Rougé	58	—
4°	*id.*	Rolland	194	—
5°	*id.*	Ferrand	206	—
6°	*id.*	Baptiste	196	—
7°	*id.*	Véry	195	—
8°	*id.*	Saint-Claude	125	—

Ces trois derniers étages se poursuivent encore dans les deux directions.

L'extraction annuelle peut être estimée à 300 ou 350 tonnes de minerais, vendus soit comme alquifoux dans le pays au prix de 300 à 320 francs la tonne, soit comme minerai de fonderie à Marseille au prix de 270 à 280 francs la tonne.

Le petit atelier de préparation mécanique de Cadarcet se compose d'une meule et un bocard à quatre flèches, deux trommels classificateurs, sept tamis à bras et un crible mécanique pour le lavage des grains, une table à secousse pour les sables et quatre tables dormantes pour les schlamms fins.

Deux variétés de la mine de Cadarcet essayées à mon laboratoire de Vicdessos ont donné les résultats suivants :

1° *Minerai ordinaire cubique, alquifoux gris-bleuâtre.*

Pour 100 grammes :

Plomb.	82 gr.	
Argent.	00,01	10 gr. argent aux 100 kil. de minerai.

2° *Minerai compact à grains fins.*

Pour 100 grammes :

Plomb.	76 gr.	
Argent.	00,015	15 gr. argent aux 100 kil. de minerai.

Ce dernier minerai est très-rare et ne se rencontre que dans les craques et à la terminaison du gîte.

Du carreau de la mine une route charrettable, de 12 à 13 kilomètres, amène le minerai à la gare de Foix.

Tresbens et le Sarrazi. — Entre Gayet et Moutou, au pied de Monteoustant, sont des traces plombeuses au contact des ophites et schistes anciens; au quartier de Sarrazi est une attaque pour plomb faite en 1865, consistant en une galerie de 19 mètres allant de l'ouest à l'est, sur des schistes rougeâtres ferrugineux avec bancs de calcaire magnésien de 0m,20 à 0m,40; dans ce calcaire sont disséminées des mouches de galène; plus à l'est, à 1 kilomètre et demi avant Tresbens, on trouve au contact même du massif ophitique et des schistes, un amas de calcaire magnésien, métallifère avec traces d'alquifoux sur lequel ont eu lieu des recherches en 1866 et 1867; ces recherches ont révélé les traces de deux petits filons croisés de galène blendeuse orientés S. 20° E. et O. 60° S.; le minerai n'a que quelques centimètres, régulièrement accompagné par une salbande terreuse.

Minerai de plomb argentifère et zinc de Rivernert. — Les mines argentifères de Rivernert sont très-anciennes, leur origine est inconnue; au voisinage des Abères, on peut reconnaître d'anciennes

haldes, des scories, de vieilles poteries ayant dû servir à la fusion du minerai, de nombreuses excavations annonçant des travaux importants.

Aux environs du hameau des Abères, les schistes de transition présentent, dans le voisinage de leur contact avec les couches dévoniennes supérieures, un réseau assez complexe de filons sur lesquels ont été exécutés à diverses époques d'assez grands travaux.

Un grand filon à gangue quartzeuse, dirigé nord-sud, coupe presque à angle droit les couches et monte suivant la ligne de plus grande inclinaison de la montagne, depuis une centaine de mètres au-dessus du vallon de Rivernert jusqu'à la crête de Calamane, qui sépare les vallons de Rivernert et de Massat; cet affleurement est loin d'être partout riche en minerai; de nombreuses attaques, soit anciennes soit récentes, l'ont mis à nu, les régions où le minerai s'est montré sont courtes, disposées en colonnes étroites et verticales, qui s'amincissent rapidement en profondeur et ne s'écartent jamais beaucoup de la surface du sol.

Le minerai est généralement de la galène assez pure avec gangue quartzeuse, elle est mélangée de blende et de pyrite; le filon utile a rarement plus de 0m,04 à 0m,05, excepté en quelques points peu étendus, à la jonction de filons croiseurs, dirigés de l'est à l'ouest, où la puissance peut atteindre 0m,10 à 0m,20; on trouve sur ce filon un assez grand nombre d'ouvertures de galeries qui conduisent à des travaux anciens considérables; elles ont été réouvertes récemment; les eaux ont été dégagées, les avancements ont été poussés sur plusieurs points pendant quelques mètres; les résultats obtenus sont médiocres; les filons sont minces, mal soutenus, disposés en colonnes verticales très-irrégulières et étroites; le minerai disparaît fréquemment à de faibles profondeurs.

Outre ce grand filon nord-sud, auquel sont adjoints dans le voisinage immédiat un assez grand nombre de filons pauvres ou mal étudiés, parallèles entre eux, il existe une autre formation de filons est-ouest, dont un assez bas est tout voisin du hameau de Bez; il est situé à l'est du filon quartzeux principal et compris dans son mur; sur ce filon sont d'anciens travaux qui ont été poursuivis sur une assez grande longueur dans ces derniers temps; le minerai est assez régulier, mais contient peu de galène; il est formé de blende presque pure, très-riche en argent; la présence de la blende rend l'utilisation de cet argent fort difficile.

Au toit du filon quartzeux sont également plusieurs filons est-

ouest sur lesquels on trouve des traces nombreuses d'anciens travaux inaccessibles.

La région des mines est traversée par deux ravins, celui du Bez à l'est et celui des Abères à l'ouest, qui, partant du Tuc des Abères, coulent avec une pente rapide du sud vers le nord en divergeant jusqu'à être séparés par une colline de 100 mètres d'étendue au niveau du hameau des Abères.

De nombreux essais faits à mon laboratoire sur les minerais de Rivernert ont donné les résultats suivants :

	PLOMB.	ARGENT.
	kil.	kil.
1° Galerie du tuc. — Pour 100 kil.	42,00	0,865
2° Galerie du bois	03,50	0,015
3° Id.	11,00	0,035
4° Galerie des schistes noirs	00,25	0,005
5° Id.	13,50	0,055
6° Id.	20,50	0,085
7° Id.	10,00	0,075
8° Galerie de la fente	14,00	0,125
9° Id.	52,00	0,220
10° Id.	29,50	0,215
11° Id.	08,00	0,045
12° Id.	12,50	0,095
13° Galerie des Abères	00,00	0,015
14° Id.	23,50	0,085
15° Id.	03,50	0,010
16° Id.	23,50	0,085
17° Galerie du Bez	08,50	0,250
18° Id. blende	00,00	0,215
19° Id. blende	00,00	0,240

3° Silurien supérieur.

Les calcschistes du terrain silurien supérieur présentent une assez grande variété de minerais de plomb argentifère et zinc, dont quelques-uns surtout, dans les régions du Sallat, ont donné lieu à des travaux anciens très-considérables, parfois rapportés aux Romains ; les principaux sont :

Entre le granite de la frontière et celui des Trois-Seigneurs, vallée du Sallat.

1° Les Argentières	Aulus.	Concession Lecour.	Galène et blende.
2° Laquorre	Id.	Concession Lecour.	Id.
3° Lauqueille	Id.	Concession Lecour.	Id.

4° Travaux romains de Castelminier	Id.	....	Id.
5° La Chassotte	Id.	....	Id.
6° Les Raspes	Id.	Concession du Pouech.	Id.
7° La Palistre	Id.		
8° Bord de l'Arce	Id.	....	Id.
9° Sainte-Barbe (Pylore)	Id.	....	Id.
10° Les Sagettes	Id.	....	Id.
11° Caboussat	Ustou	....	Id.
12° Escalatorte	Seix.	....	Id.
13° Estours	Id.	Concession de Seix.	Id.
14° Mimort	Id.		
15° Mousq	Id.	....	Id.
16° Fonta	Id.	....	Id.
17° Arcousan	Id.	....	Id.

Minerai de plomb argentifère et zinc d'Aulus. Ancienne concession Lecour. — La vallée d'Aulus qui forme l'extrémité orientale du bassin du Sallat, renferme un assez grand nombre de gisements de minerai de plomb argentifère et zinc, tous compris dans les schistes et calcschistes appartenant à l'étage silurien supérieur. Ces gisements sont répartis entre deux concessions, l'une ancienne dite concession Lecour sur la rive droite du Garbet, l'autre *plus* récente dite concession de Pouech sur la rive gauche de la même rivière.

La première concession comprend en marchant de l'est vers l'ouest, les gîtes des Argentières, Laquorre et Lauqueille, tous situés dans le voisinage du contact des calcschistes avec les schistes inférieurs.

Les Argentières. — La petite butte des Argentières est formée de couches calcaires légèrement cristallines à cassure gris foncé, ferrugineuses et dirigées O. 10° S.; au bord méridional de la butte passe le granite. Dans ces couches sont deux filons de quartz, l'un situé sur le versant sud de la butte et à moitié chemin de sa base au sommet, dirigé O. 40° N. avec plongement de 70° au sud, il a 0m,60 à 1 mètre d'épaisseur et est stérile. L'autre distant du premier de 30 à 40 mètres et séparé de lui par des couches de calcaire cristallin, présente presque au sommet, et un peu sur le versant nord des argentières, un affleurement de 3 à 4 mètres.

Toutes les roches calcaires comprises entre ces deux filons, sont pénétrées de petits filets de quartz qui les recroisent en diverses directions.

Le gîte métallique des argentières est une masse limitée en tout

sens, dont le plus grand axe est orienté de l'est à l'ouest, et a 12 à 15 mètres au plus ; son plus petit axe du sud au nord, à la surface, a 1 mètre et atteint 4 ou 5 mètres à 10 mètres de profondeur. Cette masse est accolée au filon quartzeux du sommet de la butte et affleure sur son versant ouest pendant 8 à 10 mètres ; elle descend verticalement formée d'un mélange varié de quartz, mica, spath calcaire et ferrugineux, blende et galène, le tout aggloméré en forme de brèche dont la pâte est un ciment quartzeux. Le minerai, assez abondant près de la surface, devient plus rare en profondeur, où il forme à peine le 1/50 de la masse totale, la blende y entre pour les 2/3, la galène pour l'autre tiers. Cette galène est à grains fins et assez riche en argent. Les travaux (Pl. III, *fig*. 9, 10, 11) se composent d'un puits central ancien, qui a atteint 15 ou 20 mètres avec galerie d'écoulement à son pied à peu près stérile et traverses courtes en divers sens.

Les essais faits au laboratoire de Vicdessos sur le minerai des Argentières ont donné les résultats suivants :

1° *Une galène à grains fins contenant peu de gangue.*

Pour 100 grammes :

Plomb.	60^{g},70			
Argent.	00 ,096	95 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		158	—	plomb d'œuvre.

2° *Galène à gros grains.*

Pour 100 grammes :

Plomb.	75^{g},10			
Argent.	00 ,135	135 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		180	—	plomb d'œuvre.

Laquorre. — A 150 ou 200 mètres des Argentières vers l'ouest est l'ancienne mine dite de Laquorre. Ce filon affleure sur le versant nord de la montagne, tout près de sa crête, est orienté O. 10° S. comme les couches de la montagne, et plonge de 45 à 55° au sud ; le toit est calcaire, son mur schisteux ; il se soutient avec une régularité remarquable et des épontes terreuses bien déterminées sur 200 à 250 mètres en direction, du côté de l'est son épaisseur varie entre 0^{m},40 et 0^{m},60, vers l'ouest entre 1 mètre et 1^{m},50.

Le minerai se compose principalement de plomb carbonaté et galène massive très-compacte, à grains d'acier dont la teneur en argent est assez considérable.

Les diverses variétés de minerai sont :

1° Galène massive à petites facettes;
2° Galène massive à petites facettes striée;
3° Galène massive à gros grains striée;
4° Galène dispersée dans les roches et la gangue;
5° Carbonate de plomb massif gris;
6° Carbonate de plomb blanc et rougeâtre;
7° Calamine cristalline.

La gangue est généralement terreuse, et souvent elle remplit le filon en entier. Le gîte est d'une régularité parfaite, mais le minerai y est disséminé fort irrégulièrement en plaquettes et nodules. Vers l'Est le filon est plus étroit et le minerai plus abondant; vers l'Ouest les terres dominent, et le minerai est plus rare.

Le gîte principal est fréquemment recoupé en son mur par des filons transversaux de quartz et ocre, dirigés N. 25° O, sur lesquels on a fait quelques recherches sans résultat; ils ont une épaisseur variable de 0m,10 à 0m,50 et paraissent stériles; ils ont de belles cristallisations de gypse.

Les travaux de Laquorre sont de deux époques différentes, l'une ancienne, du dernier siècle, l'autre est toute récente. Les travaux récents sont représentés sur la figure ci-jointe avec une légère teinte noire. Leur ensemble (Pl. IV, *fig.* 1 et 2) comprend trois galeries (*a*, *b*, *c*) à travers bancs, dont deux seulement ont recoupé le gîte après 18 à 20 mètres de parcours.

Par suite du pendage du filon vers le Sud, les galeries d'écoulement exécutées sur le versant Nord de la montagne deviennent très-longues à mesure qu'elles descendent. Il serait préférable de faire les travaux de ce genre sur le versant Sud.

A l'extrémité de la première galerie à travers banc, est un puits fort ancien (m) qui a été foncé en plein minerai suivant le pendage du filon; son fond est inondé et inconnu. A partir de ce puits, des galeries en direction ont été poussées, soit à l'Est, soit à l'Ouest; très-voisines les unes des autres, elles n'ont pas tardé à être mises en communication par des recoupes partout ou se présentaient quelques apparences de minerai, et l'ensemble des travaux a formé un grand vide.

Vers l'Oüest les dépilages sont anciens; tous les fronts abandonnés étaient stériles et quelques tentatives récentes dans cette région n'ont pas donné de résultat; le filon terreux persiste, il est même puissant, mais ne contient que des terres et calamine; cependant on y trouve quelques plombs carbonatés terreux qui révèlent la présence du gîte utile et donnent lieu de croire que tout espoir n'est pas perdu.

A l'Est du puits, le gîte se resserre, Les travaux récents se sont concentrés de ce côté, ils ont, au début donné de beaux résultats; le minerai y était abondant, riche en argent, quoique disposé toujours capricieusement en noyaux irréguliers au milieu de la gangue terreuse. A partir de 25 à 30 mètres du puits vers l'Est, le filon s'est appauvri. Les recherches ont été poussées irrégulièrement en toutes directions et n'ont plus donné que quelques traces rares de plomb carbonaté; mais la gangue terreuse persiste toujours à tous les fronts, soit à l'Est, soit en profondeur, avec une épaisseur, une direction et une inclinaison remarquablement régulières.

Le minerai de Laquorre essayé à mon laboratoire a donné les résultats suivants :

1° *Galène massive.*

Pour 100 grammes :		
Plomb.	69,000	
Argent.	00,085	085 gr. argent aux 100 kil. de minerai.
		123 — plomb d'œuvre.

2° *Plomb carbonaté, compact et terreux.*

Pour 100 grammes:		
Plomb.	27g,50	
Argent.	00 ,080	080 gr. argent aux 100 kil. de minerai.
		291 — plomb d'œuvre.

Lauqueille. — La mine de Lauqueille située au bas du vallon d'Aulus, au contact des schistes et calcaires est orientée O. 20° S avec plongement de 60° au Sud. Le mur est un schiste ardoisier pur, toujours séparé du gîte métallique par une couche mince de quelques centimètres de schiste noir pourri. Contre ces schistes est adossé un calcaire très-cristallin, blanc, surtout au contact des schistes; en s'en éloignant, vers le Sud, il prend peu à peu une texture moins cristalline, compacte et une teinte foncée. Le minerai formé presque uniquement de galène à petites facettes, riche en argent pénètre le calcaire spathique en toutes directions vers les schistes et parfois jusqu'à 2 et 3 mètres de leur contact.

Aux affleurements le minerai était une blende à larges facettes, pure et en grandes masses, depuis longtemps dépilée.

Le schlich lavé rend 60 p. 100 de plomb et contient de 150 à 160 grammes d'argent aux 100 kilos de minerai.

Les travaux (Pl. IV, *fig.* 3) se composent d'une galerie principale de 80 mètres dont les 10 premiers à travers bancs et le reste en direction et au mur. Après 25 mètres de parcours elle a rentré un

premier enrichissement de 4 à 5 mètres de galène dans la gangue spathique qui a été enlevé par une série de gradins renversés.

Au delà elle a trouvé un autre enrichissement de 10 à 15 mètres où ont été établis, en montant et descendant, une série de gradins qui n'ont pas tardé, en se réunissant à former un grand puits dont le fond a été inondé. Au sol de ce puits le minerai est beau et abondant. Une galerie d'écoulement inférieure était devenue nécessaire pour continuer le travail.

Elle a été commencée à 15 mètres environ en contre-bas et n'a pas encore rencontré l'amas minéral. Aux avancées la galerie principale est restée complétement stérile jusqu'à son front; elle a toujours été dirigée au contact des schistes et du calcaire spathique.

La galène de Lauqueille à gangue spathique essayée au laboratoire de Vicdessos, m'a donné les teneurs suivantes :

Pour 100 grammes :			
Plomb.	48g,20		
Argent.	00 ,155	155 gr. argent aux 100 kil. de	minerai.
		322 —	plomb d'œuvre.

Les Mines des Argentières, de Laquorre et Lauqueille communiquent avec Aulus par des chemins muletiers de 14, 13 et 5 kilomètres; d'Aulus à Saint-Girons est une bonne route de 33 à 35 kilomètres.

Minerai de plomb argentifère et zinc d'Aulus, concession du Pouech. — Les travaux de Lauqueille touchent au bord du Garbet. En le traversant, on entre dans la montagne du Pouech-de-Guaf compris entre les vallons du Garbet et de l'Arce; cette montagne est riche en mines anciennes et récentes.

Tout d'abord, après avoir traversé le Garbet, on trouve d'anciens travaux très-étendus que la tradition fait remonter aux Romains. Sur une longueur de plus de 300 mètres, à la surface sont suivant la direction O. 20° S., de grandes ouvertures servant d'entrée à de vastes dépilages profonds accompagnés de calcaire spathique en leur toit et de schistes au mur. Sur les bords du Garbet, sont trois galeries d'écoulement à travers bancs dont l'une a plus de 100 mètres; aux points où elles recoupent le filon sont tracées de nombreuses galeries en direction, reliées entre elles par des boyaux horizontaux et verticaux qui font de ces travaux un vrai dédale. Toutes ces galeries et vides sont dans un état parfait de conservation, très-accessibles et ont donné lieu à une exploitation considérable de galène riche en argent avec gangue spathique.

Cette région fut visitée en l'an 1600 par Malus, surintendant de la Monnaie de Bordeaux, qui a laissé une description curieuse de l'état des lieux à cette époque, j'en joins ici la copie.

DES MINES ROYALES D'AULUS.

« En la visconté de Couserans, à une lieue par-dessus le village d'Aulus, y a un petit château vieil, composé d'une tour carrée fort haute ayant neuf grands pas de carré au dedans; cette tour est enfermée d'un côté de fausse braye, au coin de laquelle y a une tour demi-ronde séruant d'un flanc à deux cotez; du côté de la pleux grande montagne, y a une vieille porte par laquelle on entroit dans la grande fonte, où l'on fondoit l'or et l'argent; ce château est appelé par ceux du pays le Castelminié, il n'y a pas encore plus de vingt ans qu'un vieil paysan du lieu d'Aulus, nommé Galin, trouva dans cette fonte un linget d'argent pesant 8 livres qui vallent 16 marcs; quelques-autres y ont trouvé de grands saumons de plomb pesant les uns 1 quintal, les autres plus ou moins; auprès de ce château il y a un grand et profond abisme, dans lequel s'écoulent les eaux qui descendent des montagnes; cet abisme est appelé par les gens du pays le Pic-de-la-Grue. Or, dans cette grande montagne appelée le Poueg-de-Souas, enuironnée de deux riuières de Parabès ou bien la riuière de l'Arcq et l'autre la riuière de Garbet, y a plusieurs grands uoyages faits pour tirer les mines, ayant les uns demi-lieue d'étendue dans la montagne, les autres un quart, les autres trois-quarts, quelques-uns une lieue et les autres une lieue-et-demye plus ou moins; enuiron, une lieue-et-demye auant, vers le sommet de cette montagne y a un trou fait en forme de puis, que ceux du pays appellent le Trou de la Barre, si profond qu'il ua jusques au font de la montagne en un autre côté duquel il y a un commencement de uoyage, qui s'en ua au long d'un rocher de marbre blanc entassé de marcassites d'argent; en divers endroits de cette montagne ont été trouvés des grands soupiraux jusques au nombre de 9, les uns ayant 6 brasses de largeur, les autres 4, les autres 2, plus ou moins de profondeur, de 40, 60 et 80 brasses; il y a encore de grands égoûts pour détourner et recepuoir les eaux, il s'y trouvé tout auprès jusques à 87 meules à moudre les mines. A une lieue de ce château, sont les montagnes de Mombias, de Montarisse, des Argentères, dans lesquels il y a des grands et vieux uoyages faits pour tirer les mines. On ne sauroit croire les grands travaux que les anciens ont fait en ces montagnes, tirant les mines d'argent avec une telle despense, qu'il n'y a langue qui le sait dire, ni plume qui le peut exprimer, car a uray dire la ueue de ces choses si merueilleuses étonne d'esbahissement les pleux capables et judicieux. C'est pourquoy nous les auons batisées du nom des mines royales, ne leur en pouuant donner d'autres dignes d'elles. Toutes ces montagnes sont abondantes en mines d'or, d'argent, de plomb, d'estain, d'azur, de vert azur, de cuivre, de marcassites d'or, d'argent et de cuivre; bref ce sont les Indes françaises, et le temps passé l'ont été des Romains. Le bâtiment du château fait uoir ouuertement la grandeur de cette entreprise, l'extrême et incroyable despence qu'on y a fait, le tout digne de la grandeur et magnificence de leur empire; les habitants du pays tiennent

par tradition que le travail de ces mines a été continué sinon ou depuis 5 ou 600 ans, que les Catalans ayant traversé les montagnes se jettèrent armés de fer et de feu auec telle furie dans le pays de Couserans brulant et tuant tout ce qu'ils rencontrèrent, sans pardonner à âge ni à sexe, qui demeura longtemps inhabitable, qui fut cause que les mines furent abandonnées, et ont été toujours du depuis inutiles, sans être travaillées; toutes ces montagnes et plusieurs autres, ensemble plusieurs forêts et boscages qui sont aux environs, appartiennent entièrement à Sà Majesté.

« Ce fut dès le dix-septième jour du mois d'août de l'an 1600, jusqu'au 25 du même mois, que M. de Malus fit la recherche de ces mines du pays de Couserans et se montra si résolu, que les rapports pleins d'effroy et de terreur, que les gents du pays lui faisoient des abismes qui se font ordinairement dans ces vieux uoyages et lui discourroient les grands bruits terribles et épouvantables qui soyont souvent du Poueg-de-Gouas; les esclairs et le tonnerre ne le peuvent détourner d'entrer dans les uoyages, qui y sont, moins le peut arrêter l'appréhension de rencontre des esprits, ayant dire à ces gens-là, que les mines de cette montagne étoient charmées, ains comme un autre chevalier de l'ardente épée se mit en devoir de les décharmer, il n'entra jamais en aucune considération des périls et hazards qu'il couroit d'être déuoré des bêtes sauuages, desquelles il y a grand nombre en ces lieux qui sont déserts et inhabitables, et afin que la mémoire n'en demeure esteinte à la postérité, je me suis délibéré d'escrire quelques-uns des hazards auxquels il s'est opiniâtrement exposé contre l'aduis de tous ceux qui l'assistoient; tandis qu'il feut en Couzerans à la recherche de ces mines, il feut toujours assisté du sieur de Poentis, visconte de Couzerans et d'un grand nombre des gens du pays que le sieur Visconte fit uenir avec toute sorte d'outils et ferremans, pour ouvrir les entrées des uoyages qui s'étoient fermés; ayant donc reconnu les grands uoyages, les canaux pour resceuoir les égouts des eaux qui couloient dans les mines, les puis miniers, les soupiraux et les 87 meules à moudre les mines qui étoient esparses ça et là, en un endroit 10, et en un autre 6, en d'autres 4 ou pleux ou moins, pour avoir moyen d'entrer pleux aisément dans les uoyages, il employa une partie des ouvriers à l'ouuerture des cannaux et esgoûts, afin de faire escouler les eaux, tandis qu'on faisoit cette ouverture d'un uoyage qui est à 30 brasses des égoûts, il s'en alla accompagné du sieur Visconte et de quelques-autres un quart de lieue vers le haut de la montagne recognoitre un vieux uoyage dans lequel il entra accompagné de trois hommes toujours le ventre contre terre, tant le uoyage est bas et étroit, plus de 150 brasses de profond duquel il feut contraint de sortir avec les trois hommes qui étoient entrés auec luy, tous couverts de boue, sans qu'il eut moyen de recognoître dodans aucune sorte de mines, moins aucunes vaines à qu'auso que l'eau qui tombe dedans est congellée et endurcie de tous côtés de l'espessus troits doits pour le moins; sortant de voir le uoyage, il s'en descendit vers les ouvriers, lesquels à son retour eurent ouuert et nettoyé un uoyage jusques à la profonde de 15 degrés seulement, lequel il fit abandonner voyant qu'il y auroit trop de peine à l'ouurir; toutefois ne se peuuant contenter de cette recherche, il retourna au château minier avec le sieur Visconte et plusieurs autres ou estant, il fit ouurir l'entrée d'un uoyage qui était tout auprès du château, l'ouuerture

estant faite, il entra dedans le uoyage tout botté pour n'estre empêché de le suivre tout par les eaux; le sieur Visconte y entra aussi avec quelques autres, mais comme ils furent à brasses de profond dans le uoyage, ils commencèrent très tous à ressentir le pleux grand et le pleux violent froid du monde; s'estonant et perdant cœur d'appréhension, le sieur Visconte s'en retourna, avec tous ceux qui étoient entrés, sinon deux qui demeurérent pour assister M. Malus. Comme le sieur Visconte feut dehors et ceux qui s'en retournèrent auec lui, les autres qui n'étoient pas entrés dans le uoyage les uoyant uenir, furent tous esbahis de les uoir; car ils sembloient des hommes morts qu'on sort de la sépulture, tant ils étoient blesmes et estonnés, mais M. de Malus qui ne perdit jamais courage, continua toujours son chemin assisté d'un homme seulement, qui demura auec luy ayant l'eau jusques aux genoux; dans lequel uoyage il demura pleux d'une heure-et-demye, suyuant toujours plusieurs autres uoyages qui sont dedans les uns à la droite, les autres à la gauche dans lequel, il remarqua des grands rochers chargés de ueines d'argent. Le sieur Visconte et ceux qui étaient dehors avec luy eurent opinion qu'il feut mort ou se feut perdu dedans, de quoy ils montroient estre fort marris. M. de Malus pourtant continua sû auant son uoyage qu'il se uint rendre au haut de la montagne, où il sortit pleux de trois quarjz de lieue loing de l'entrée, non sans beaucoup d'ennuy et de fachery à cause que l'homme qui l'accompagnoit, pensa se mourir trois ou quatre fois dans ledit uoyage, il craignoit de ne l'en pouuoir sortir jamais, mais Dieu le favorisa tellement, qu'ils sortirent enfin sains et saufs et uindrent trouver le sieur Visconto et les autres, qui l'attendoit à l'entrée hors d'espérence de le reuoir plus, et leur apporta de marbre noir, marquetées d'encles d'or et d'argent; il faudroit uoir son procès uerbal pour estre bien informé de cette recherche des mines royales. »

Dans le courant des dernières années une galerie ancienne d'écoulement a été réouverte pour être continuée par-dessous les anciens travaux, elle marchait irrégulièrement du nord vers le sud, pouvait avoir 120 mètres et paraissait avoir été abandonnée avant de recouper le gîte.

En 1865, son front a été déblayé et dirigé droit au sud, à travers schistes vers le filon des anciens; après un travail de deux années et un parcours de 70 à 80 mètres de galerie à travers bancs, a été trouvée une craque irrégulière très-mince, remplie de rognons de galène assez riche; la fente a été fouillée en tous sens, le minerai a bientôt disparu; la recherche a été continuée de quelques mètres vers le sud, mais malheureusement a été abandonnée avant d'avoir recoupé le calcaire cristallin, qui forme nettement à la surface le toit des vieux travaux; quelques mètres d'allongement suffiraient probablement pour atteindre ce toit et reconnaître si à ce niveau le gisement des anciens est dépilé, stérile ou exploitable.

La Chassotte. — En gravissant en écharpe le Pouech, à environ

500 mètres au-dessus du Garbet, on trouve au quartier de la Chassotte un petit gîte orienté O. 20° S. avec plongement de 70 à 80° au sud; les travaux consistent en une tranchée de 7 à 8 mètres de profondeur sur 20 mètres de long suivie d'une petite galerie; le toit est calcaire, le mur schisteux; entre le toit et le mur sont des terres épaisses, dans lesquelles, comme à Laquorre, étaient disséminés irrégulièrement des rognons sans profondeur de belle galène à grains fins, riche en argent.

La teneur de ce minerai est :

Pour 100 grammes ;
Plomb 59g,20
Argent. . . . . . 00 ,050 050 gr. argent aux 100 kil. de minerai.
85 — plomb d'œuvre.

Anciens travaux des Raspes. — En se dirigeant toujours à l'ouest, la direction O. 20° S. traverse la ligne de faîte du Pouech et descend sur le versant de l'Arce; à quelques centaines de mètres au-dessous du faîte et 300 mètres environ au-dessus de la vallée de l'Arce, sont les anciens travaux des Raspes; ils se composent de dépilages dont les affleurements sont visibles sur 150 à 200 mètres d'étendue; deux puits verticaux et une petite galerie de 10 mètres à travers bancs stériles en permettent l'accès; tout le fond des travaux est inondé sur une hauteur d'au moins 40 mètres.

La Palistre. — Récemment, à 110 ou 120 mètres au-dessous de l'entrée des Raspes, à mi-côte du Pouech, a été commencée sur la prolongation apparente du filon des anciens, la galerie de la Palistre; elle était destinée à rejoindre les vieux travaux à leur base pour les vider et reconnaître les massifs qu'avaient pu laisser les anciens en profondeur; cette galerie, qui a atteint une longueur de plus de 100 mètres sans résultats, a été percée sur un filon terreux stérile, bien soutenu, parallèle à celui des Raspes et rejeté de quelques mètres au nord.

Tranchée du pont de l'Arce. — Au pied du Pouech, à 50 mètres au-dessus de l'Arce, est une petite tranchée récente qui a mis à nu un petit filon de blende et calamine à grains fins, de 0m,30, avec gangue de chaux spathique; un filet de quartz mince forme le toit du gîte, comme à la Chassotte.

Freychinière. — Au col de la Freychinière, compris entre le Fouillet et l'Arce, à 300 mètres au-dessus de l'Arce, est un filon anciennement connu sur lequel ont été faits en direction 15 à 20 mètres de tranchée, suivie d'un puits de 10 à 12 mètres; le mur est schisteux, le toit est encore calcaire passant à des calcaires schis-

teux; il est orienté O. 20° S., avec plongement de 70° au sud; il est formé de carbonate de chaux cristallin spathique et de blende, dont la puissance moyenne est de 1 mètre à 1^m,50; la blende occupe à peine le cinquième de la masse et paraît riche; on y trouve quelque peu de galène et pyrite de fer.

La single des Charbonniers. — A 50 mètres au-dessous de la Chassotte est le gîte dit la single des Charbonniers. Toute la masse du Pouech au-dessus et au nord de la Chassotte est schisteuse; mais aux environs de la single elle contient un calcaire cristallin en forme d'amande allongée de l'est à l'ouest, où est compris le gîte de ce nom.

A la single est une tranchée de 20 mètres sur 3 à 4 mètres de profondeur, suivie d'un puits incliné de 10 mètres le long du pendage; le gîte avait à la surface 1 mètre de puissance et contenait de la blende à larges facettes; le front est complétement stérile; le filon était orienté O. 10° N., avec plongement de 50° vers le sud.

Le Tail de Catoy. — En descendant de 30 mètres au nord-ouest, toujours dans le calcaire cristallin, au lieu dit le Tail de Catoy, on trouve d'anciens travaux qui ont été labourés et mis à nu récemment; à cet affleurement on voit encore un filon de blende de 0^m,15 à 0^m,20 uni à un filet de galène très-pure de quelques centimètres; ce gîte est orienté O. 30° N., avec plongement de 50° au sud; en descendant toujours le Pouech d'environ 50 mètres, on trouve enclavé dans la même amande de calcaire cristallin, mais à son contact avec les schistes du nord, un filon orienté O. 70° N. où a été percée une galerie de 5 à 6 mètres, suivie d'une descenderie de 10 mètres; le toit est calcaire, le mur schisteux, le minerai est de la blende à larges facettes disséminée dans la chaux spathique; le tout est pauvre.

Gîtes Charles-Laurent. — Si l'on revient aux Raspes, on trouve à moitié chemin des Raspes à la Palistre un travail récent dit Charles-Laurent; cette recherche est faite sur un filon orienté O. 60° S., avec plongement de 50° vers l'est; le gîte est complétement enclavé dans les calcaires et ne tarde pas à se perdre vers le nord dans les schistes pyriteux dont le contact est voisin.

Les travaux comprennent une tranchée de 10 mètres, suivie d'une galerie de 42 mètres, dont 6 mètres à travers bancs et le reste en direction; le minerai a persisté dans tout ce parcours; mais au front, dans les schistes, il a complétement disparu; il était formé irrégulièrement de blende à larges facettes rarement pure, le plus fréquemment mélangée de chaux spathique.

A 50 mètres environ au-dessous de la Palistre, est un travail de même nature, sur un filon de blende et chaux spathique dirigé N.-S. exactement; du côté du nord il va également se perdre dans les schistes voisins; en ce point a été exécutée une tranchée de 5 à 6 mètres, suivie d'une descenderie de 12 à 15 mètres qui a donné de la blende pauvre.

Sainte-Barbe ou Trou-des-Yeux. — A 150 mètres au-dessus du Garbet, est au quartier du Trou-des-Yeux une recherche récente décorée du nom de mine de Sainte-Barbe (Pl. IV, *fig.* 4).

En ce point est une bande de schistes noirs bitumineux tendres de 70 mètres de puissance environ, limitée au sud par un banc puissant de 5 à 6 mètres de porphyre euritique compacte et au nord par les calcschistes ordinaires de la montagne un peu quartzeux; une galerie à travers bancs dirigée O. 70° S., a traversé toute la masse des schistes noirs et rencontré au sud le banc de porphyre euritique qui les termine; dans toute cette masse sont irrégulièrement disséminés en divers sens un assez grand nombre de filets de galène avec blende à grains fins, assez riche en argent; le minerai est disposé par colonnes à peu près verticales et plongeantes de 70° au sud; on a recoupé du nord au sud trois de ces colonnes dont la direction générale est O. 20° N., la chaux spathique accompagne la galène dans les régions riches. Ces colonnes sont pauvres et des plus irrégulières.

Les Sagettes. — Au bord de l'Arce, quartier dit les Sagettes, est un petit filon N. 20° E. au contact des schistes et des calcaires composé de chaux spathique et galène à grains fins de 0m,30 épaisseur à la surface où a été foncée une descenderie de 22 mètres. Son front est stérile.

Les mines du Pouech sont situées au-dessus de la vallée du Garbet, à des niveaux très-variables de 50 à 500 mètres; du pied des mines, un chemin muletier de 5 kilomètres conduit à Aulus; depuis Aulus une bonne route charrettable de 33 à 35 kilomètres peut amener le minerai à la gare de Saint-Girons.

Blende de Caboussat (Ustou). — Vers Caboussat, vallon d'Ustou, sur la rive droite de la rivière et à 60 mètres au-dessus de la vallée, est un filon de chaux spathique et blende à larges facettes, de près de 0m,30; sa direction est O. 25° N. avec plongement de 60 degrés au sud. Le toit et le mur sont schisteux.

Minerai de plomb argentifère et zinc de Seix. — Concession de Seix. — Les calcschistes siluriens de la vallée du Sallat, vers Conflens de Bemajou, au voisinage des assises liasiques, comprennent

des minerais de plomb argentifère, de zinc et de cuivre en relation intime.

En aval du pont de la Taule, sur la rive droite du Sallat, à 50 mètres au-dessus de la rivière, sont sous le vieux château ruiné de Lagarde, les travaux anciens d'Escalatorte.

Escalatorte.—La montagne est formée de marbres avec couche intercalée de schistes noirâtres. Dans ces schistes est un filon orienté O. 15 à 20°N., avec plongement au sud de 70 degrés et formé de chaux spathique, quartz, galène et pyrite cuivreuse; l'ensemble a une épaisseur variable de $0^m,50$ à $2^m,50$; le minerai est relativement rare, la gangue domine beaucoup. A l'entrée de la galerie, la galène est sur la gauche au mur avec la chaux spathique et le quartz au toit avec la pyrite; la première moitié de la galerie est pauvre; vers son milieu a été rencontré un enrichissement épais sur lequel deux puits très-anciens ont été foncés. Ces puits se réunissent par leur base et ont 12 mètres de profondeur; la galène y forme un filon de $0^m,60$ presque pure, sur 4 à 5 mètres au plus en direction, et du côté du toit est un filet quartzeux avec belle pyrite de cuivre; le minerai descend avec persistance en colonne étroite.

Aux avancées de la galerie, la disposition du cuivre et du plomb a changé; du côté du mur est la pyrite avec le quartz en petits filets, du côté du toit est disséminée dans les schistes de la chaux avec de la galène; le front présente une épaisseur de $0^m,20$ d'assez belle galène à grains fins, riche en argent.

Estours. — Un peu au-dessous de la petite crête qui sépare le Sallat de l'Estours, vers Moulibès, est un petit filon de galène orienté O. 20° à 25° N. presque vertical, enclavé dans des marbres.

Mimort. — Au mur du filon de quartz d'Aubac, qui recouvre en forme de couche la colline de Mimort, est un filon de galène important, sur lequel des travaux considérables ont été commencés dans le siècle dernier par M. de Villepeinte; ce filon est dans le mur du filon quartzeux, mais est discordant avec ce dernier, soit en direction, soit en plongement; il est orienté O. 30 à 35° S. et plonge de 60 degrés au sud; aux affleurements, les deux filons plombeux et cuivreux sont très-voisins, mais en profondeur, ils se séparent par suite de leur plongement inverse.

Le minerai du filon plombeux sud-ouest est une galène à grains assez fins avec blende et chaux spathique; il est enclavé dans les calcaires griottes.

Dans le filon quartzeux nord-ouest, on trouve du côté du mur des

pyrites de fer et pyrites cuivreuses associées à quelques filets de galène; le mur est généralement terreux.

Le minerai est disposé en colonne, dont la tête affleure au sommet de la colline, et qui, en profondeur, descend à peu près verticalement, mais cependant avec une légère tendance à suivre la pente de la montagne; à 50 mètres des travaux supérieurs, on ne retrouve la colonne qu'à 20 mètres du jour.

Les travaux sont anciens et récents; les premiers comprennent: (Pl. IV, *fig.* 7, 8, 9, 10 11, 12 et 13).

1° Une galerie supérieure de 32 mètres d'avancement (*ab*) dans la direction du filon et en plein minerai.

2° Un puits (*mn*) de 20 mètres en minerai, dont le fond était inondé à la reprise des derniers travaux.

3° Deux galeries en direction (*cd*) et (*ef*) dans le puits allant l'une à l'est, l'autre à l'ouest, en minerai.

4° Divers dépilages aux affleurements et à la tête de la petite galerie qui conduit au sommet du puits.

Les travaux nouveaux sont les suivants:

La galerie (*ab*) supérieure a été approfondie à 43 mètres de profondeur; pendant les 25 premiers mètres, le filon a 0m.50 de puissance, donnant un quart de son poids de galène massive; à partir de ce point jusqu'au front, il devient très-étroit et pauvre et se bifurque suivant deux directions O. 20° N. et O. 20° S., représentées sur la figure (9).

Depuis l'entrée jusqu'à 25 mètres, les deux systèmes plombeux spathiques et quartzeux cuivreux ont leurs affleurements concordants; au delà, ils tendent à reprendre chacun vers l'ouest leur direction primitive et deviennent pauvres.

A 10 mètres plus bas est la galerie (*gh*) qui a 30 mètres de long et est presque toujours en minerai; à 10 mètres du jour, elle s'est bifurquée en deux branches, l'une suivant la direction O. 20° N., et l'autre suivant la direction O. 20° S. comme l'indique la figure (10).

Pendant les 10 premiers mètres, la galerie a été percée à la jonction des deux filons, où était un bel enrichissement de plus de 1 mètre de puissance de belle galène presque pure avec chaux spathique pour gangue; la blende était rare; au delà, les deux filons se séparent pour reprendre leur direction et s'appauvrir.

A 23 mètres plus bas est la galerie (Kl.) commencée par les anciens; à son entrée étaient d'assez grands vides; à ce niveau, les deux formations quartzeuse et plombeuse n'ont plus qu'un

simple point de contact à l'entrée seulement de la galerie comme l'indique la figure (11) : les deux gîtes s'éloignent aux avancées.

Le filon quartzeux prend la direction O. 35° N. et le plombeux O. 30° S; en descendant, la divergence augmente; aucun travail n'a été exécuté sur le premier filon ; sur le deuxième est la galerie ancienne, qui rencontre, à 15 mètres du jour, l'entrée du vieux puits.

Toute la région comprise entre cette galerie et les niveaux supérieurs a donné du beau minerai et a été complétement dépilée.

A 20 mètres plus bas est la galerie (op) commencée à travers bancs, destinée à servir de galerie d'écoulement au vieux puits des anciens; lorsqu'elle a rencontré ce dernier, un fonçage venait d'être poussé à un niveau inférieur et la galerie est restée sans utilité; depuis le puits a été approfondi à 15 mètres en dessous de cette dernière galerie.

Au niveau (op) les deux filons, comme le démontre la *fig.* 11, divergent de plus en plus et le minerai s'appauvrit. A ce niveau les deux systèmes plombeux et cuivreux quartzeux n'ont plus au jour un seul point de contact; le plomb est complétement enclavé dans le mur du quartz.

A mesure qu'on descend dans le puits, le minerai devient plus rare et la colonne en direction se rétrécit ; le fond est pauvre.

Au bord de la rivière d'Estours, et au mur de l'affleurement quartzeux a été percée récemment une galerie d'écoulement; à 55 mètres du jour, elle a rencontré sur sa gauche un filet de chaux spathique orienté O. 40° S.

Anciens travaux de Mousq. — A partir du sommet de la colline de Mimort, du côté de l'ouest, le filon quartzeux continue suivant la direction O. 30° N., traverse le plateau d'Aunat et monte la colline de Mousq ; là, comme à Escalatorte, le quartz est accompagné à son mur par un filon de galène concordant avec lui dans les affleurements des anciens travaux se révèlent par des excavations profondes et des tas de déblais.

Au sommet de la colline de Mousq, la branche sud du filon riche en galène disparaît, et la branche quartzeuse du nord poursuit en s'infléchissant suivant la direction O. 40° à 60° S.

Divers minerais ont été essayés au laboratoire de Vicdessos :

1° Une galène à grains fins contenant de la gangue spathique et de la blende, de Mimort, représentant l'état ordinaire du minerai enrichi par triage et cassage au marteau.

2° Une galène à grains moins fins du même filon, assez fréquenté.

3° Une galène avec gangue, d'Escarlatorte.

4° Une galène de même nature et d'à peu près même teneur en plomb.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° Galène à grains fins de Mimort.

Pour 100 grammes :

Plomb.	50k,60			
Argent.	00k,060	060 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		118	—	plomb d'œuvre.

2° Galène de Mimort à grains moins fins.

Pour 100 grammes :

Plomb.	72,50			
Argent.	0,100	100 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		188	—	plomb d'œuvre.

3° Galène d'Escalatorte.

Pour 100 grammes :

Plomb.	47,007			
Argent.	00,295	295 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		618	—	plomb d'œuvre.

4° Galène d'Escalatorte.

Pour 100 grammes :

Plomb.	46,003			
Argent.	00,325	325 gr. argent aux 100 kil. de minerai.		
		701	—	plomb d'œuvre.

Ce dernier échantillon est pris au contact du filon pyriteux qui accompagne en son toit le gisement de galène d'Escalatorte.

La galène de Mimort et d'Escalatorte contient des traces d'or.

Au centre de la formation des calcschistes siluriens, on trouve dans la direction O. 10° N. plusieurs indices de minerai de plomb à larges facettes dans les montagnes de Fonta qui séparent les vallées de l'Estours et du Sallat; les principaux affleurements situés à des niveaux très-élevés, sont sur les bords du ruisseau de la Usclade et près de sa source. Ce ruisseau se rencontre sur la gauche de Fonta au montant d'Estours au Montvaillier, un peu avant d'atteindre la rivière qui descend des étangs de Prat-Matéou et Aréou.

Des indices de même nature se rencontrent également à un niveau très-élevé sur les bords de la rivière d'Aréou.

Arcousan. — Dans la même direction, un peu plus à l'ouest, après avoir traversé l'Estours, on peut remonter le petit vallon d'Arcousan qui va de l'est à l'ouest et longe la base du haut pic de Montvaillier. Un filon y a été découvert depuis sept à huit ans à 100 mètres au-dessous de l'Estours; il est orienté O. 20° N. et plonge de 80° au sud ; le toit est calcaire et le mur schisteux ; le minerai, qui a 0m,20 d'épaisseur, est formé de blende et galène

à larges facettes. Sur cet affleurement qui a près de 100 mètres de longueur bien visible, a été foncée une descenderie de 6 mètres, suivie d'un puits toujours en minerai. Un peu plus bas, vers l'est, sont d'anciennes galeries dont on peut reconnaître les entrées. Dans le prolongement de cette direction, vers l'ouest, un peu avant d'atteindre la crête du Montvaillier, sont quelques affleurements de galène O. 20° N. paraissant la continuation du gîte d'Arcousan.

Les mines de Seix sont situées de 250 à 300 mètres au-dessus de la route impériale de Saint-Girons en Espagne par Salaü ; une route de 20 à 22 kilomètres, conduit du pied de la mine à la gare de Saint-Girons.

Nord de Tabes.

Minerai de plomb de Freychenet et Montferrier, etc. — De Freychenet à Montferrier et Montségur, la base des montagnes de Saint-Barthélemy est formée par les calcschistes siluriens à assises puissantes, dont le plongement sud annonce un renversement général des couches.

Au nord de cette formation règne une bande étroite, mais continue de calcaire dévonien.

Le contact des deux formations est fréquemment marqué par des affleurements irréguliers de galène à grains fins, riche en argent; ces affleurements constituent des amas très-irréguliers, discontinus qui ont été l'objet à diverses époques de tentatives de recherches toujours infructueuses.

Les principaux affleurements sont, en marchant de l'est à l'ouest les suivants :

1° Celui du col de la Selle, entre la métairie de Saint-Genès et le hameau d Pounchou, commune de Celles.
2° Celui de Tragine, à 500 mètres au sud-est du hameau de ce nom, où a ét exécutée une tranchée de 4 ou 5 mètres, sur 2 mètres de profondeur, commune de Freychenet.
Plus à l'ouest viennent les affleurements de :
3° Le col de la Lauze, entre les communes de Montferrier et Freychenet.
4° Mérigot, où ont eu lieu des fouilles récentes sans résultat.
5° Paquetayre, petit monticule situé au sud de Montferrier entre les vallees de la Lectouire et Manzone.
Sur ce dernier point, sont sur chaque versant du côteau des travaux anciens considérables.
6° La Bordes Espailliades, à gauche du chemin qui conduit à Montségur.
7° Le col du château de Montségur.

Tous ces gisements paraissent de très-médiocre importance.

La galène de Paquetayre essayée à mon laboratoire a donné :

Pour 100 grammes :

Plomb.	68,4	
Argent.	0,050	50 argent aux 100 kilog. de minerai.
		73 — plomb d'œuvre.

4° Dévonien.

Les calcaires dévoniens renferment de très-rares indices de galène pauvre et presque sans importance.

On en rencontre à

1° Freychenet, deux affleurements, traces vagues indiquées par la tradition.
2° Alzein plateau, quelques rognons récemment découverts en relation avec les minerais de fer.
3° Douache, près Rimont, en mouches dans un amas de barytine.
4° Moulin de Dunglas, près Lacour, en mouches avec blende et pyrite.

Si l'on excepte les fouilles récentes d'Alzein, où on trouve en relation avec les minières de fer des rognons irréguliers de galène et fer carbonaté, ces indices minéraux ne paraissent présenter aucune ressource.

5° Lias supérieur.

Les calcaires un peu schisteux du lias supérieur contiennent sur la rive gauche du Sallat de vagues indices de minerai de plomb ou zinc aux points suivants :

1° La Souquette d'Augirein, vallée de la Bellongue, deux affleurements.
2° Forêt domaniale d'Argein, traces indiquées par la tradition.
3° Caumont, bord de la route impériale, filet pauvre d'alquifoux.

Le premier a seul quelque importance ; on peut y constater de vieux travaux inondés et inaccessibles.

6° Schistes supraliasiques.

Minerais de plomb du bassin secondaire de Massat. — Au centre du bassin sédimentaire de Massat est une bande étroite, mais régulière de schistes supraliasiques, qui s'étend par les Balmes, Tarten, le Col de Boulogne et Aleu ; à la limite septentrionale de ces schistes, et dans le voisinage des calcaires à dicérates, sont quelques traces irrégulières de minerai de plomb en rognons.

Sur la rive droite de l'Arac, non loin de Massat, un peu au-

dessus de Tarten, on a fait à 20 mètres au-dessus de l'Arac quelques fouilles sur un filon de galène argentifère dirigé O. 5° S., qui n'avait que quelques centimètres d'épaisseur.

Col de Boulogne. — Plus à l'ouest au contact du calcaire de Biert et des schistes au sud, sont quelques indices de galène à grains fins, argentifère qui ont donné lieu à d'anciens travaux maintenant comblés et inaccessibles ; la tradition indique que sous le village même était une galerie de 30 mètres de long, dont on peut constater l'entrée.

Dans tout le voisinage sont dans les délits des roches, de petits rognons de galène sans suite.

Aleu. — Un peu au sud-est d'Aleu, près du hameau de Sarrat, sont dans des couches de schistes noirs de petites veines de spath calcaire, mêlées de galène à larges facettes, et quelquefois aussi de galène très-argentifère, à petites facettes presque massives; ces veines sont dirigées O. 50° S., les paysans en retiraient autrefois de leurs champs, et d'après la tradition 40 kilogrammes de minerai contenaient 4 grammes d'argent.

Des affleurements de minerai de plomb de même nature, se voient également un peu au sud de Quer de Massat, dans la même situation à l'est du hameau d'Agneit.

Minerai de plomb argentifère et zinc de la Bellongue. — On trouve dans les schistes ardoisiers de la Bellongue en marchant de l'est à l'ouest.

1° Sur la rive droite du ruisseau qui descend du sud au nord à l'ouest d'Illartein, et à 2 kilomètres environ de ce dernier village, une petite tranchée sur un filet de galène de quelques centimètres, cette attaque est sur le sentier de montagne qui conduit d'Illartein à Orgibet.

2° Au sud-est du village d'Augistrou, tout près de la Bouigane, sur sa rive gauche et au sud est d'Orgibet, sur la rive droite de la même rivière, sont deux affleurements de galène ou aucun travail n'a été exécuté.

3° Entre Augirein et Orgibet, sur le bord de la route et rive gauche de la vallée, est un filon de porphyre de 0^m,40 N.-S., qui recoupe perpendiculairement les couches dirigées de l'est à l'ouest; dans ce filon est un petit filet de galène de 0^m,10 d'épaisseur dirigé N. 20° O; on y a exécuté une descenderie de 5 mètres suivie d'un petit puits.

A 50 mètres plus à l'ouest est un filon parallèle de même nature.

De l'autre côté de la Bouigane, en face de ce petit travail au

hameau des Angladas, est une petite tranchée sur un filon de galène analogue et placé dans les mêmes conditions.

4° En montant le vallon d'Augirein du nord au sud, on trouve à Logate, un peu à l'aval du hameau de Sarrepelade, un petit filon de quartz de 0m,10 accompagné de galène et blendes à larges facettes, dirigé O. 45° N. avec plongement de 50° au sud, à côté est un filon d'ocre avec pyrite de cuivre.

Le minerai des Angladas essayé à mon laboratoire a donné le résultat suivant :

Pour 100 grammes :			
Plomb.	59,8		
Argent.	00,065	065 gr. argent aux 100 kil. de minerai.	
		109 —	plomb d'œuvre.

Les affleurements de la Bellongue sont presque tous dans le voisinage d'une bonne route qui peut amener le minerai à la gare de Saint-Girons, après un parcours de 15 à 20 kilomètres.

II. — Minerais de cuivre.

Les minerais de cuivre à l'état de pyrite de fer cuivreuse, cuivre pyriteux ou cuivre gris, se présentent assez fréquemment en veines et filons irréguliers au milieu des couches de transition et du trias, ces gisements ont assez souvent d'assez belles apparences superficielles, ils peuvent bien rarement donner des exploitations fructueuses.

1° Silurien inférieur.

Les schistes de cette formation sont très fréquemment imprégnés de pyrite de fer plus ou moins cuivreuse, accompagnée de schistes charbonneux et filons de quartz. Les principaux affleurements sont ceux de :

Vers la crête frontière :

1° Montagnes de Mijanès, quartier de Balbonne, forêt des Hares ; la Bazouil-

lade, le col de la Lègue, Laurenti et environs; traces indiquées par la tradition.
2° La Combe de Seignac, vallée d'Aston, deux affleurements.
3° Ranet, près Auzat, vallée de Vicdessos.
4° Le Fouillet d'Aulus, fond du vallon.
5° La Plagne d'Aylie, près Sentein.

Au nord des massifs de roches primitives :

1° Le Bosc, vallon de la Barguillère; traces très-pauvres avec quartz et schistes noirs comme à Ranet.
2° Vallée d'Esplas, deux affleurements.
3° Soulan, montagne de Calamane.

(La description de la mine concédée de cuivre de Ranet, est comprise dans un premier mémoire sur les ressources minérales du canton de Vicdessos).

Rivière d'Uretz (*Sentein*). — Un peu au-dessus du Bocard de Sentein, et à l'entrée du vallon de la Plagne, est une petite recherche pour pyrite de fer et de cuivre. Compris dans des schistes talqueux, le filon de cuivre est dirigé O. 10° S., sensiblement concordant avec les couches en direction, il les recoupe en inclinaison et plonge de 70°, tandis que les couches inclinent au sud de 35 à 30° au plus.

Au jour l'affleurement du filon avait 1 mètre d'épaisseur, formé du toit au mur de bandes accolées de calamine, chaux spathique, schistes quartzeux pénétrés de carbonate de cuivre bleu et vert en mouches, d'une brèche mélangée de pyrite de fer et de cuivre. Une petite galerie de 5 mètres a été essayée, au front la pyrite est rejetée du côté du toit et a 0m,30 d'épaisseur; mais la pyrite de fer domine et celle de cuivre est rare.

Valès, Castelnau-Durban.—A 500 ou 600 mètres au S.-E. du hameau de Valès, on trouve des traces de travaux anciens et récents dans les schistes de transition. Au quartier de Quernecq, est une galerie horizontale de 15 mètres dirigée du sud au nord, terminée par une grotte naturelle remplie de belles stalactiques; à moitié galerie est un trou paraissant communiquer avec d'anciens travaux, le filon à 0m,60, est formé de schiste rouge très-quartzeux, contenant par places des pyrites de fer, de l'ocre et un peu de pyrite cuivreuse.

A 100 mètres au sud au quartier de l'Alose, est une recherche sur fer hydroxydé mélangé de pyrite de cuivre et fer carbonaté, le filon a de 0m,20 à 0m,30 de puissance, est dirigé O. 70° N. verti-

cal, enclavé dans des schistes terreux dirigé O. 30° S. et discordant avec les couches.

Les travaux se composent d'une grande tranchée suivie de galeries horizontales, poussées à droite et à gauche en suivant des ramifications du filon ; presque toutes ont abouti à de grands dépilages ou des éboulements annonçant d'anciens travaux.

A l'entrée sont des scories provenant de forges à bras.

La pyrite de Vales, essayée par la voie sèche à mon laboratoire, a donné 25 pour 100 de cuivre.

2° Silurien supérieur.

Les calcschistes du terrain silurien supérieur renferment surtout dans l'arrondissement de Saint-Girons d'assez nombreux indices de cuivre pyriteux pur, d'une belle qualité, en relation avec des filons quartzeux ; ces gisements ont été à plusieurs époques l'objet de travaux de recherche considérables qui, malheureusement, ont rarement abouti à des résultats sérieux. Les principaux sont :

Dans le bassin du Sallat, entre le massif granitique de la frontière et celui des Trois-Seigneurs :

1° Bord de l'Arce ou Pouech (Aulus).
2° Commartis d'Aulus, deux affleurements.
3° Escanarades (Aulus).
4° Jchedetz d'Ustou.
5° Coumete d'Ustou.
6° Escalatorte du château de Lagarde.
7° Sabucette.
8° Vallon d'Estours.
9° Aubac d'Estours.
10° Mimort.
11° Mousq.
12° Mède.
13° Moulibés.
14° Bonrepeaux.
15° Clos de Rames.
16° Cazabède du port d'Esbintz.

Et au nord des massifs primitifs :

1° Montferrier, Martinat et Bourdette, deux affleurements.
2° Montailhou de Prades, traces très-pauvres.
3° Rouze de Quérigut, traces très-pauvres.

Minerais de cuivre d'Aulus. — A 30 mètres au-dessus de l'Arce, au quartier de Commartis (Aulus), est une ancienne galerie récemment continuée jusqu'à une profondeur de 80 mètres ; le filon se soutient sur les 40 premiers mètres, devient stérile et se rétrécit jusqu'au front ; composé de quartz, pyrite de cuivre avec quelques grains de blende et galène à petites facettes et spath calcaire, il est pauvre ; le mur est schisteux et le toit calcaire ; la direction

du gîte et de la galerie est O. 22° N; à l'entrée des travaux est un ancien puits comblé de 5 à 6 mètres.

Plus à l'ouest dans la même direction en gravissant un peu la montagne, on trouve entre le calcaire du toit et le schiste du mur, un filon de chaux spathique pénétré de mouches de cuivre pyriteux et accolé à un petit filon de blende pure de 0m,20 d'épaisseur.

Plus à l'ouest à 500 ou 600 mètres du filon de Commartis, sont les anciens travaux de M. de Villepeinte du siècle dernier, au quartier des Escanarades; le gîte a de 0m,60 à 1 mètre d'épaisseur, est orienté E. 15° à 20° N. et plonge de 70 degrés au sud, il est complétement enclavé dans les schistes; une galerie de 50 mètres environ, dont les 30 premiers à travers bancs et le reste en direction, a trouvé un filon formé de pyrite de cuivre, carbonate de cuivre et blende avec guangue de quartz et spath calcaire; elle communique à la surface par deux puits anciens.

Divers. — Dans les schistes du Pouech à Aubac, est un large filon de spath calcaire mêlé de mouches de pyrite de fer cuivreuse. Au quartier des Playets des Lasmes, est une petite fouille ancienne sur des pyrites de fer et pyrite arsenicale; plus haut, dans la même direction, vers l'est au cap de la Vesch, les schistes sont imprégnés de pyrite arsenicale.

D'après Dietriect un certain nombre d'autres filons pyriteux et cuivreux ont été constatés dans le vallon d'Aulus.

1° Au lieu dit l'Enfer des Raspes, à 24 mètres au-dessous de la rivière de l'Arce, un filon de cuivre de 8 pieds allant de l'est à l'ouest.

2° En face du filon précédent, cotoyant la rivière d'Arce, une veine de 6 pouces de pyrite de cuivre, allant du nord au sud.

3° Dans le vallon du Fouillet à la montagne de Basetz, où le Fouillet fait une large cascade, un gros filon de pyrite.

4° Au-dessus de cette pyrite au canton de Sérol, une mine de cuivre de 3 pieds d'épaisseur; trois heures sont nécessaires pour s'y rendre d'Aulus.

Minerai de cuivre d'Ustou. — Au quartier d'Ichedetz (Ustou), est un filon de 1 mètre d'épaisseur orienté O. 30° S. avec plongement de 50 degrés vers le sud; il contient de la belle pyrite de cuivre dispersée dans le quartz par nodules et petites veines; sur ce filon sont d'anciennes recherches consistant en deux galeries en direction étagées sur une hauteur de 40 à 50 mètres. La galerie supérieure a 46 mètres et l'inférieure 15 mètres.

A 100 mètres au toit de ce gîte est un autre filon quartzeux parallèle contenant également des pyrites de cuivre disséminées en

mouches peu nombreuses. Une galerie de 26 mètres de long, suivie d'un puits y a été exécutée autrefois.

La pyrite d'Ichedetz, essayée par la voie sèche à mon laboratoire, a donné 24 p. 100 de cuivre.

Minerais de cuivre de Seix. Escalatorte. — A Escalatorte, dans une couche de schistes noirs encaissés dans des marbres est un filon orienté O. 15° à 20° N. avec un plongement au sud de 70 degrés; il est formé de chaux spathique, quartz, galène et pyrite cuivreuse d'une épaisseur variable de 0m,50 à 2m,50; le minerai est rare; à l'entrée de la galerie, la galène est sur la gauche au mur avec la chaux spathique et le quartz au toit avec la pyrite; vers son milieu a été rencontré un enrichissement épais sur lequel deux puits très-anciens ont été foncés; la galène y forme un filon de 0m,60 presque pure sur 4 à 5 mètres au plus en direction, et du côté du toit est un filet de belle pyrite de cuivre; le minerai descend avec persistance en colonne étroite.

Aux avancées de la galerie, la disposition du cuivre et du plomb a changé; du côté du mur est la pyrite avec le quartz en petits filets; du côté du toit, est disséminée dans les schistes de la chaux avec de la galène.

Sahucette. — En face d'Escalatorte, de l'autre côté du Sallat à Sahucette sont d'anciens travaux du dernier siècle dus à M. de Villepeinte; ils consistent en une grande tranchée suivie d'une galerie de 50 mètres en direction et d'un puits inaccessible dirigés N. 10° E.; dans le quartz sont disséminées des mouches de pyrite et carbonate de cuivre.

Estours. — Au-dessus de Sahucette sur la petite crête qui sépare le Sallat de l'Estours est un filon de galène orienté O. 20° à 25° N. presque vertical, encaissé dans des marbres. A 10 mètres au toit sont d'anciens travaux pour cuivre sur un filon quartzeux qui est la prolongation de celui de Sahucette.

Aubac. — Dans la même direction, à l'ouest, sur les bords de l'Estours, sont les travaux d'Aubac. A partir de la rivière d'Estours, le filon de quartz gravit, du côté du nord-ouest, la colline de Mimort; au bas de la vallée, il atteint 10 mètres, et en haut se réduit à 2 ou 3 mètres; il plonge de 40° vers le nord et a sensiblement la pente de la montagne, de sorte qu'il affleure comme une couche dans presque toute l'étendue de la colline; il contient, par place, des pyrites de cuivre avec des carbonates et sulfates, mais les pyrites de fer dominent. Outre des anciens travaux dont on reconnaît les traces au bas de la vallée, trois galeries de re-

coupe allant du toit au mur suivies d'amorces en direction ont été récemment entreprises sans résultat.

Mousq. — A partir du sommet de la commune de Mimort, du côté de l'ouest, le filon quartzeux continue suivant la direction O.30°N.; il traverse le plateau d'Aunat et monte la colline de Mousq; là, comme à Escalatorte, le quartz est accompagné à son mur par un nouveau filon de galène concordant avec lui dans les affleurements; sur ce point sont d'anciens travaux pour plomb et cuivre.

Au sommet de la colline de Mousq, la branche sud du filon riche en galène disparaît et la branche quartzeuse du nord poursuit en s'infléchissant suivant la direction O. 40° à 50° S.; elle se reconnaît jusqu'à la crête séparative des bassins du Sallat et du Lez, et sur cette crête, au quartier de Cazabède, on a fait récemment quelques recherches sur un gros filon de quartz, pénétré en tous sens de mouches de pyrites de cuivre.

La montagne de Mimort renferme un certain nembre d'autres filons quartzeux plus ou moins puissants pouvant tous se rattacher par parallélisme à celui d'Aubac.

Les plus considérables sont :

Méde. — Au-dessous du hameau de Mède et un peu du côté de Mimort est un filon quartzeux avec noyaux de pyrite cuivreuse encaissé dans les marbres; le gîte est dirigé N.-S et à peu près parallèle au filon quartzeux d'Aubac dans sa partie voisine de l'Estours; une galerie de 11 mètres a découvert un minerai en rognons très irréguliers.

Moulibes. — Sur la rive droite de l'Estours, en face de Mède, on trouve dans les schistes ardoisiers, orientés de l'est à l'ouest, plusieurs filons parallèles quartzeux dirigés N. 45° O., sur lesquels on a fait quelques tranchées; le quartz contient quelques pyrites pauvres et les schistes encaissants sont pénétrés de carbonate de cuivre.

Bonrepeaux. — Un peu au-dessus de Mimort et dans son toit, au hameau de Bonrepeaux, est un filon quartzeux de 1 mètre d'épaisseur dirigé N. 10° E., coupant transversalement les couches de calcaire marbre, comme ceux d'Aubac et Mède; à la surface sont quelques pyrites et carbonate de cuivre.

Clos de Rames. — A 200 mètres à l'ouest de Bonrepeaux est un filon parallèle et identique au précédent, dit le clos Rames.

Diverses pyrites de la région de Seix, ont été essayées par la voie sèche à mon laboratoire et ont donné les résultats suivants :

1° Une pyrite à guangue quartzeuse de l'ancienne mine d'Escalatorte :

Pour 100 grammes :
Cuivre. . . . . 7gr,2. . . . . 7,2 p. 100.

2° Une pyrite du filon du clòs des Rames, filon quartzeux en relation avec les gisements de Mimort :

Pour 100 grammes :
Cuivre. . . . . 21gr,5. . . . . 21,5 p. 100

3° Une pyrite du filon de Médé, près du voisin et parallèle :

Pour 100 grammes :
Cuivre. . . . . 18gr,6. . . . . 18,6 p. 100

Minerai de cuivre de Montferrier. — Au-dessus de Montferrier, rive droite de la Lectouire, les calcschistes présentent des indices cuivreux consistant en quatre filons quartzeux de 0m,50 à 1 mètre de puissance, séparés entre eux par des assises de calcschiste pénétré de filets de quartz et formant une bande assez continue de 12 à 15 mètres, bien visible sur une hauteur de 40 mètres.

Les travaux qui datent de 1865 se composent de quatre tranchées superficielles voisines, les filons parallèles et concordants avec les couches de la montagne ont de 0m,50 à 1 mètre de puissance, sont dirigés O. 40° à 45° N., avec plongement de 75 à 80° au sud ; le minerai formé de cuivre pyriteux et cuivre carbonaté vert, est disséminé en filets, plaquettes et mouches irrégulières, au milieu d'une gangue exclusivement quartzeuse; la masse minérale, peut rendre 1/20 au plus de son poids de matière vendable à la teneur de 8 à 10 p. 100.

En face sur la rive gauche de la Lectouire deux tranchées exécutées en 1856, séparées par 15 ou 20 mètres de calcschiste stérile, ont mis à nu deux petits filons quartzeux de 0m,10 à 0m,30, pénétrés de noyaux et mouches irrégulières, de cuivre pyriteux et cuivre carbonaté vert.

3° Calcaire dévonien.

La bande étroite dévonienne qui s'étend à gauche de la route de Foix à Saint-Girons renferme par places et en relation avec de la baryte sulfatée et le quartz des traces de minerais de cuivre à l'état de cuivre gris, cuivre carbonaté vert ou bleu et notamment à.

1° Méras, près Nescus. | 2° La Cazace, près Castelnau.

Ces indices sont pauvres.

4° Trias.

Minerai de cuivre du grès bigarré. — Les grès bigarrés du trias s'étendent en bande étroite, mais régulière, sur la gauche de la route qui conduit de Foix à Saint Girons, depuis le hameau de Tresbens jusqu'au village d'Eycheil sur les bords du Sallat, en amont de Saint-Girons; ils contiennent dans la partie orientale de fréquentes assises puissantes et régulières de baryte sulfatée, associée à des pyrites de fer et cuivre, des cuivres gris et des carbonates de cuivre bleus et verts, qui, sur plusieurs points, ont donné lieu à de très-anciennes exploitations que dans le pays on rapporte aux Romains.

Tout d'abord un peu à l'ouest de Tresbens et au-dessous de la métairie du Soulé, sont de très-anciens travaux à l'extrême limite des grès, en ce point très-ferrugineux; ils comprennent deux filons, l'un dirigé O. 20° N. avec plongement sud de 50 degrés, l'autre O. 70° S. avec plongement Est de 50 à 60 degrés; ces deux systèmes de fentes sont à peu près perpendiculaires entre eux et en discordance de stratification avec les couches encaissantes.

Dans les fentes O. 20° N., les grès ferrugineux contiennent de la galène cubique en mouches et veinules; dans les autres sont des indices cuivreux.

Plus à l'est, à quelques mètres au-dessus de la métairie du Gayet, dans le voisinage du col del Bouich, sont d'assez grands effondrements accompagnés de tas de déblais où l'on trouve des débris de minerai de cuivre et d'anciennes poteries qui ont dû être utilisées pour la fonte des minerais; la baryte sulfatée se voit encore au fond des tranchées éboulées, elle est accompagnée de quelques mouches de pyrites et carbonates; du Gayet à Moutou, on trouve d'anciens travaux; tantôt ce sont des tas de déblais, tantôt des effondrements, des sources révélant des galeries d'écoulement d'anciennes mines; ces traces se continuent jusqu'à l'ouest de Moutou vers la métairie du Coffre, où récemment on a fait une tentative infructueuse dans d'anciens éboulements.

Au delà du Coffre, cette assise de baryte s'amincit, mais pour reparaître avec plus de puissance et de régularité au méridien de Vic où se trouve l'ancienne mine de cuivre des Atiels.

Les Atiels. — Aux Atiels sont d'anciennes galeries, les unes éboulées et encombrées par les eaux, les autres parfaitement accessibles; ces travaux paraissent considérables et ont été exécutés sur une couche mince de minerai de cuivre intercalée dans les grès; la couche paraît dirigée de l'est à l'ouest; le dépilage du minerai

paraît avoir été parfait; sur les parois des vides on aperçoit à peine quelques traces de carbonate bleu et vert.

L'assise de baryte continue à l'ouest vers Castelnau-Durban, en prenant une puissance régulière de 5 à 6 mètres; elle forme tout le versant de la montagne de Camel et continue avec cette épaisseur jusqu'au hameau de Tournay; elle est toujours dirigée de l'est à l'ouest avec le plongement de 35 à 40 degrés au nord, ayant la pente des coteaux qui dominent au sud la vallée de Castelnau; à plusieurs reprises elle a été l'objet de tentatives d'exploitation pour sophistication des blancs de toute nature.

Le banc de baryte contient des mouches et nodules de pyrite et carbonate de cuivre, avec quartz et ocre à Camel et la Cazace près Castelnau.

Eycheil. — Un peu au-dessus d'Eycheil, rive gauche du Sallat, sont deux filons terreux et cuivreux parallèles, distants de 15 mètres, dont les affleurements quartzeux paraissent suivre la direction O. 30° N. avec plongement de 40 à 50° au nord. Une galerie de recoupe oblique de 26 mètres les a reconnus. Le premier à l'entrée de la galerie est mal défini et présente sur 0m,30 ou 0m,40, des parties terreuses pauvres et carbonates verts à l'état d'efflorescence. Le second, presque vertical, s'annonce par une bande terreuse de 0m,40 peu riche; à cette bande succède un filon quartzeux de plus de 1 mètre contenant des pyrites cuivreuses et du cuivre gris.

Irazein et Saint-Lary. — Au contact des grès du trias et du calcaire, est sur le versant sud de la montagne d'Irazein, une recherche récente sur un minerai de cuivre gris, contenant 36 p. 100 de cuivre, assez d'argent (50 à 100 gr., aux 100 kil.), et des traces d'or, le filon peu puissant, concordant avec les couches en direction est discordant en plongement; le cuivre est accompagné d'un filet de fer carbonaté de 10 à 20 centimètres d'épaisseur; le gîte orienté O. 40° N. gravit en écharpe la montagne escarpée qui domine au nord Izarein; les travaux consistent en six tranchées de 2 à 3 mètres chacune, ayant mis à nu un filon très-discontinu sur une hauteur de 200 mètres environ.

A moitié chemin de Saint-Lary à Berguerasse, sur la rive gauche du vallon de Rouech et à 300 mètres au-dessus de la rivière, sont des restes de travaux importants pour cuivre qui portent le nom de mine de cuivre de Saint-Lary.

Le filon orienté O. 20° N. avec plongement de 30 à 33° au nord est presque horizontal; le toit est calcaire, le mur est du grès rouge; la gangue est quartzeuse, le minerai est du cuivre pyriteux avec carbonate disséminé en mouches dans le quartz.

5° Lias supérieur.

Des traces cuivreuses se rencontrent dans les calcschistes du lias supérieur aux montagnes qui séparent les vallées de Biros et de la Bellongue, et notamment dans les vallons d'Argein et Aucazein.

6° Marnes supraliasiques.

Les marnes ou schistes supraliasiques présentent parfois des gisements pyriteux, pauvres avec traces cuivreuses et notamment dans la vallée de la Bellongue ; ces gisements ne paraissent avoir aucune importance.

On en rencontre à :

1° Lugeat de Tarascon.
2° Val d'Andreossein, vallée de Bellongue.
3° Les Esquerrettes d'Aucazein, id.
4° La Mousquère d'Orgibet, id.

Vicdessos, le 20 janvier 1869.

———

CALCUL

DES ÉPAISSEURS DE FONDS PLATS ET BOMBÉS DES CHAUDIÈRES CYLINDRIQUES.

Par M. H. RÉSAL, ingénieur des mines.

1. Le problème relatif à l'équilibre d'élasticité d'une plaque mince, plane ou bombée, dont chacune des faces est soumise à une pression uniformément répartie sur son étendue, a été jusqu'ici considéré, sinon comme insoluble, du moins comme présentant de très-grandes difficultés.

M. Lamé a toutefois résolu la question dans ses *Leçons sur les coordonnées curvilignes*, non cependant sans s'affranchir d'une hypothèse étrangère à la théorie mathématique de l'élasticité.

J'ai commencé il y a cinq ou six ans l'étude relative aux conditions de résistance des fonds plats ou bombés des chaudières cylindriques; d'autres occupations m'ont obligé à ajourner la continuation de ce travail que je n'ai été conduit à terminer qu'à la suite de l'explosion, à Besançon, d'un appareil à fond plat à rectifier l'alcool, et qui a donné lieu à une épouvantable catastrophe.

Dans ce mémoire, je vais exposer les résultats de mes recherches basées tout simplement sur les hypothèses de la théorie de la résistance des matériaux, qui d'ailleurs doit conduire aux mêmes résultats que la théorie mathématique de l'élasticité, par extension de ce que MM. Poisson et de Saint-Venant ont démontré relativement aux prismes d'une faible section.

2. *Équilibre d'élasticité d'une enveloppe très-mince limitée*

par deux surfaces de révolution équidistantes et soumises chacune à une pression uniforme. — Soient :

E le coefficient d'élasticité de la matière supposée homogène ;

e l'épaisseur de l'enveloppe ;

p la différence entre les pressions intérieures et extérieures, la première étant censée supérieure à l'autre. En raison de la petitesse supposée de e, on peut admettre sans commettre d'erreur appréciable, que l'enveloppe est uniquement soumise à l'action de la pression p répartie sur la surface moyenne ou équidistante des deux surfaces-limites :

Ox (*fig.* 1) l'axe de révolution, censé vertical pour fixer les idées ;

O le sommet de la surface moyenne ;

$O\widehat{ab}$, $Oa'b'$ deux sections méridiennes de cette surface, faisant entre elles un angle infiniment petit $d\theta$;

$O\alpha\beta$ la section méridienne dont le plan divise en deux parties égales l'angle $d\theta$, Oy la tangente en O à cette section, xy les coordonnées du point α parallèles à Ox et Oy ;

$x + dx$, $y + dy$ celles du point β du même méridien infiniment voisin de α ;

$$\alpha\beta = ds ;$$

ρ l'angle αIO formé avec Ox par la normale en α.

Cos ρ les rayons de courbure de la courbe méridienne au point α lorsque l'enveloppe est à l'état naturel, et qu'elle est déformée sous l'action de la pression p.

On a évidemment :

$$(1) \qquad dx = ds \sin\varphi, \quad dy = ds \cos\varphi.$$

Nous désignerons par la caractéristique δ les déplacements résultants de l'action de la pression p sur l'enveloppe et nous négligerons comme on le fait d'habitude, les puissances

supérieures à la première des termes affectés de cette caractéristique.

Deux molécules a, a' primitivement situées sur une même parallèle de la surface moyenne, devant évidemment se trouver après la déformation sur un même parallèle, on a

$$(a) \qquad \frac{\delta aa'}{Oa'} = \frac{\delta y}{y} = \lambda',$$

en désignant par λ' ce rapport. On tire de là

$$\frac{d\lambda' y}{dy} = \frac{d\,\delta y}{dy} = \frac{\delta\, dy}{dy}.$$

D'autre part, on a

$$\frac{\delta\alpha\beta}{\alpha\beta} = \frac{\delta ds}{ds} = \frac{\delta \dfrac{dy}{\cos\varphi}}{\dfrac{dy}{\cos\varphi}} = \frac{\delta dy}{dy} + \operatorname{tang}\varphi.\delta\varphi = \frac{d\lambda' y}{dy} + \operatorname{tang}\varphi.\delta\varphi.$$

Si l'on appelle λ ce rapport, on a la relation

$$(2) \qquad \lambda = \frac{d\lambda' y}{dy} + \operatorname{tang}\varphi.\delta\varphi.$$

Considérons maintenant l'élément de volume $aa'\,bb'$ déterminé par les deux plans méridiens Oab, $Oa'b'$ et par les deux cônes de révolution autour de Ox normaux à la surface moyenne par ces points α et β.

La composante de glissement perpendiculaire au plan xOy dans la facette aa' est nulle, puisque tout est symétrique par rapport à ce plan, après comme avant la déformation, et qu'il n'y a par suite aucune raison pour que cette force soit dirigée plutôt dans un sens que dans le sens opposé.

Soient :

A et G les composantes élastiques rapportées à l'unité de surface relatives à la facette aa' estimées respectivement

suivant la méridienne et la normale : elles seront considérées comme positives ou négatives, selon que la direction de la première sera ou non comprise dans l'angle φ et que celle de la seconde rencontrera ou non la direction de Oy ;

B la composante élastique rapportée également à l'unité de surface normale aux facettes ab, $a'b'$, considérée comme positive négative selon que sa direction ne traverse pas ou traverse l'angle $d\theta$.

On a :

$$A = E\lambda, \quad B = E\lambda'. \tag{3}$$

Il n'existe aucune composante de glissement dans les facettes ab, $a'b'$; car, vu la symétrie par rapport au plan $O\alpha\beta$, s'il y avait de pareilles composantes, elles se rencontreraient au même point de ce plan par rapport auquel elles seraient symétriquement situées, et donneraient par suite une résultante de premier ordre, c'est-à-dire de l'ordre eds qui devrait faire équilibre aux autres forces qui sollicitent l'élément de volume $ab\ a'b'$, et qui sont du second ordre, comme on le reconnaît facilement *à priori* et comme on le verra clairement un peu plus loin.

Les tractions élémentaires égales à $Beds$, agissant sur les facettes ab, $a'b'$, donnent lieu à une résultante

$$Beds.d\theta,$$

dirigée suivant le rayon du parallèle en allant de α vers l'axe et dont la projection suivant la méridienne est

$$Beds.d\theta.\cos\varphi = Bedy.d\theta.$$

Les actions normales relatives aux facettes aa', bb'

$$Aeyd\theta, \quad -Aeyd\theta - ed\theta.dAy,$$

donnent également une composante

$$-ed\theta dAy$$

suivant la méridienne, et comme les autres forces qui sollicitent l'élément de volume considéré ne donnent aucune composante de cette nature, il faut pour l'équilibre que

$$- ed\theta . d\Lambda y + e\mathrm{B}.dy = 0$$

ou

$$\frac{d\Lambda y}{dy} = \mathrm{B},$$

ou enfin,

$$(4) \qquad \frac{d\lambda y}{dy} = \lambda'.$$

De cette équation et de l'équation (2), on déduit

$$(5) \quad \begin{cases} y \dfrac{d(\lambda + \lambda')}{dy} = - \operatorname{tang} \varphi \delta \varphi \\ y \dfrac{d(\lambda + \lambda')}{d\varphi} = - \delta \varphi \\ y \dfrac{d}{dy} \left(\lambda + \dfrac{d\lambda y}{dy} \right) = - \delta \varphi \operatorname{tang} \varphi \\ y \dfrac{d}{dx} \left(\lambda + \dfrac{d\lambda y}{dy} \right) = - \delta \varphi. \end{cases}$$

Considérons maintenant la portion de l'enveloppe déterminée par le cône de révolution autour de Ox, qui aurait pour génératrice la normale OI en α. Chaque élément $d\omega$ du bord conique de ce segment étant sollicité par les deux forces normale et tangentielle

$$- \mathrm{G} d\omega , \quad - \mathrm{A} d\omega ,$$

on voit que toutes les actions semblables relatives au segment ont une résultante verticale

$$- (\mathrm{G} \cos \varphi + \mathrm{A} \sin \varphi) 2 \pi y e ,$$

qui, pour l'équilibre, doit être égale et opposée a celle $p\pi y^2$ des pressions. On a ainsi la relation

$$(G\cos\varphi + A\sin\varphi)\,2\pi y e = \pi y^2 p,$$

d'où

$$(6)\quad \begin{cases} G\cos\varphi + A\sin\varphi = \dfrac{py}{2e} \\ G = -E\lambda\tang\varphi + \dfrac{py}{2e\cos\varphi}. \end{cases}$$

Considérons maintenant l'élément de volume aOa', et exprimons que la somme des moments des forces qui le sollicitent, par rapport à la perpendiculaire Oz au plan yOx est nulle.

Les résultantes élastiques

$$-Geyd\theta, \quad -Aeyd\theta,$$

relation à la face aa' donnent le moment

$$\begin{aligned} eyd\theta[G(y\cos\varphi + x\sin\varphi) + A(y\sin\varphi - x\cos\varphi)] = \\ = 2yd\theta[y(G\cos\varphi + A\sin\varphi) + x(G\sin\varphi - A\cos\varphi)], \end{aligned}$$

ou, en vertu de l'équation (5)

$$(b)\quad \frac{py^2}{2}\,d\theta + xye(G\sin\varphi - A\cos\varphi)\,d\theta.$$

Les actions élastiques développées dans la même face donnent lieu en outre à un couple dont l'une est parallèle à Oz, et dont le moment est, d'après une formule connue (en négligeant les fractions très-petites λ et $\frac{\alpha}{\rho}$ devant l'unité),

$$(c)\quad -\frac{Ee^3}{12}\,yd\theta\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}\right)$$

ou

$$(d)\quad -\frac{Ee^3}{12}\,\frac{d\delta y}{ds}.$$

Les composantes égales à $Beds$ normales aux éléments ab, $a'b'$ ont une résultante

$$Beds\,.\,d\theta$$

parallèle à Oy et dirigée de α vers Oy. On a donc pour les deux faces Oa, Oa' le moment total

$$(e) \qquad ed\theta\int_0^s Bxds,$$

Les couples élémentaires égaux deux à deux relatifs aux éléments correspondants de ces mêmes faces se composent en un seul dont l'axe est compris dans le plan xOy ; d'où il suit que ces couples ne donnent aucun moment par rapport à Oz, et qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

La pression p donnera, comme on le sait, le même moment que si elle était uniformément répartie sur les projections de la surface aOa' sur les plans yOz, xOz.

La première de ces projections étant un triangle dont $yd\theta$ est la base et y la hauteur, on a d'abord le moment

$$(f) \qquad -\frac{pyd\theta}{2}\cdot\frac{2}{3}y = -\frac{py^2d\theta}{3}.$$

La seconde des projections dont il s'agit est limitée par deux courbes symétriques par rapport a Ox, et l'ordonnée par celle-là à Oz d'un point de l'une d'elles est

$$y\frac{d\theta}{2}.$$

A l'élément

$$yd\theta.dx$$

de l'aire considérée correspond le moment

$$-pyxdx.d\theta,$$

d'ou résulte pour le moment total

$$-pd\theta\int_0^x xydx.$$

Si donc on exprime que la somme des moments (c), (d), (e), (f), (g) est nulle, on obtient l'équation

$$(11)\quad Ee^3y\left(\frac{1}{\rho}-\frac{1}{\rho_0}\right) \quad \text{ou} \quad \frac{Ee^3}{12}y\frac{d\delta\varphi}{ds}=\frac{py^3}{6}+exy(G\sin\varphi - \\ - A\cos\varphi)+e\int_0^y Bxds - p\int_0^x Bxydx,$$

ou en remplaçant A, B, C par leurs valeurs fournies par les formules (3) et (5),

$$(12)\quad \frac{Ee^3}{12}y\frac{d\delta\varphi}{ds}=\frac{py^3}{6}+\frac{py^2x}{2}\tang\varphi - p\int_0^x xydx + \\ + E\int_0^s \lambda' xds - \frac{Ee\lambda xy}{\cos\varphi}.$$

Il est facile de voir *à priori* que, en général, la valeur de $\frac{d\delta\varphi}{ds}$ sera finie pour l'origine, c'est-à-dire pour $x=0$, $y=0$, $\varphi=0$. Il suffit pour cela de prouver que le rapport à y de chacune des deux intégrales du second membre a une valeur finie pour l'origine. Or le premier de ces rapports est la limite de

$$\frac{xy}{\frac{dy}{dx}}=\frac{xy}{\cot\varphi};$$

mais pour un point infiniment voisin de l'origine, on a $x=y\cot\varphi$; le rapport précédent devient aussi y^2 qui a pour limite o.

La limite de $\frac{1}{y}\int_0^s \lambda' xds$ pour $s=0$ est égale à celle de

$$\frac{\lambda' x}{\frac{dy}{ds}}=\frac{\lambda' x}{\cos\varphi},$$

c'est-à-dire à zéro.

Ainsi donc l'équation (12) montre que

$$(13) \qquad \frac{d\delta\varphi}{ds} = 0$$

pour $s = 0$

Si l'on différentie cette même équation par rapport à y, en se rappelant que

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{dx}{dy}, \quad \frac{ds}{dy} = \frac{1}{\cos\varphi},$$

on obtient

$$(14) \qquad \frac{Ee^3}{12} \frac{dy \dfrac{d\delta\varphi}{ds}}{dy} = \frac{py^2}{2}\left(1 + \frac{dx^2}{dy^2}\right) + x\frac{d^2x}{dy^2}\Bigg) + \\ + Ee\left(\frac{\lambda' x}{\cos\varphi} - \frac{d\lambda y}{dy}\cdot\frac{x}{\cos\varphi} - \lambda y \frac{d\dfrac{x}{\cos\varphi}}{dy}\right),$$

ou, en ayant égard à la relation (4)

$$(15) \qquad \frac{Ee^3}{12} \frac{dy \dfrac{d\delta\varphi}{ds}}{dy} = \frac{py^2}{2}\left(1 + \frac{dx^2}{dy^2} + x\frac{d^2x}{dy^2}\right) - \\ - \frac{Ee\lambda}{\cos^2\varphi}\left(1 + x\frac{d\varphi}{dy}\right)\sin\varphi.$$

En substituant dans cette équation la valeur

$$(16) \qquad -\frac{d\delta\varphi}{ds} = \frac{d}{ds}\left[y\frac{d}{dx}\left(\lambda + \frac{d\lambda y}{dy}\right),\right.$$

fournie par la quatrième des équations (5), nous obtiendrons une équation du quatrième ordre en λ.

Il s'agit maintenant de montrer comment on peut déterminer les constantes arbitraires introduites par l'intégration. En premier lieu, nous remarquerons que l'on doit avoir

$$\delta\varphi = 0,$$

pour $\varphi = 0$, ce qui, d'après la troisième des équations (5), entraîne la condition

$$(17) \qquad \left[y \cot\varphi \frac{d}{dy}\left(\lambda + \frac{d\lambda y}{dy}\right)\right]_{\varphi=0} = 0.$$

La condition (13) peut être remplacée par la suivante

$$\frac{d\delta\varphi}{dy} = 0,$$

puisque $dy = ds\cos\varphi$ ne s'annule pas avec φ, cela revient à poser

$$(18) \qquad \left[\frac{d}{dy}\left(y\cot\varphi \frac{d}{dy}\left(\lambda + \frac{d\lambda y}{dy}\right)\right)\right]_{\varphi=0} = 0.$$

Les relations (17) et (18) permettront, dans tous les cas qui peuvent se présenter, de réduire à deux le nombre des constantes arbitraires.

Si maintenant nous désignons par R le rayon moyen primitif du bord, et par $R + \delta R$ ce qu'il devient après la déformation, on a, en ayant égard à l'équation (4),

$$\delta y = \lambda' y = y\frac{d\lambda y}{dy};$$

d'où

$$(19) \qquad \delta R = R\left(\frac{d\lambda y}{dy}\right)_{y=R}.$$

Enfin, une dernière condition sera fournie par le moyen employé pour fixer la pièce considérée.

Ainsi, dans le cas d'un encastrement circulaire, on aura

$$\delta R = 0, \quad \delta\varphi = 0 \quad \text{pour} \quad y = R,$$

c'est-à-dire

$$\left(\lambda + R\frac{d\lambda}{dy}\right)_{y=R} = 0, \quad \left[\cot\varphi \frac{d}{dy}\left(\lambda + \frac{d\lambda y}{dy}\right)\right]_{y=R} = 0,$$

conditions qui, réunies aux relations (17) et (18), permettront de déterminer les arbitraires.

S'il s'agit d'un fond de chaudière cylindrique, on exprimera, qu'après la déformation, les cercles moyens du bord du fond et de l'extrémité du corps cylindrique dont nous nous occuperons plus loin, sont égaux, et que les forces élastiques développées dans la zone de contact des deux pièces sont égales ; on voit sans peine que le problème sera dès lors complétement déterminé.

Nous allons maintenant chercher à faire quelques applications de ce qui précède.

3. *Conditions de résistance d'un fond plat d'une chaudière cylindrique.*

Ici R représentera le rayon moyen du corps cylindrique. Nous désignerons par Γ la tension ou la compression élastique maximum que l'on peut faire supporter à la matière.

Dans le cas actuel on a

$$\varphi = 0, \quad x = 0, \quad \rho_0 = \infty, \quad ds = dy.$$

La première des équations (5) donne

$$\lambda + \lambda' = \text{constante } C; \tag{20}$$

et l'équation (4) par suite de l'élimination de λ',

$$y\frac{d\lambda}{dy} + 2\lambda - C = 0;$$

d'où

$$y\left(\lambda - \frac{C}{2}\right)^{\frac{1}{2}} = \text{constante } C',$$

et on a nécessairement $C' = 0$; car autrement λ serait infini pour $y = 0$, ce qui est inadmisible. Par suite

$$\lambda = \lambda' = \frac{C}{2} = \frac{\delta R}{R}.$$

Les équations (6) et (11) se réduisent respectivement à

$$(21)\quad \begin{cases} Ge = \dfrac{py}{2} \\ \dfrac{Ee^2}{2}\cdot\dfrac{1}{\rho} = py^2; \end{cases}$$

mais on a

$$\Gamma = \text{maximum}\,.\,\frac{E}{\rho}\cdot\frac{e}{2} = \frac{p}{e^2}\,\text{maximum}\; y^2 = \frac{R^2p}{e^2};$$

d'ou

$$(22)\qquad e = \sqrt{R\,.\,\frac{Rp}{\Gamma}}.$$

Si e' est l'épaisseur que doit avoir l'enveloppe cylindrique de rayon R pour résister à la pression p dans les mêmes conditions que le fond plat, on a, comme on sait, en supposant que les fonds n'aient pas d'influence sensible sur les conditions de résistance de cette enveloppe,

$$e' = \frac{pR}{\Gamma};$$

d'où

$$(23)\qquad e = \sqrt{Re'}.$$

C'est précisément la formule dont nous avons parlé au commencement de ce mémoire, et à laquelle M. Lamé est arrivé en partant d'autres considérations.

On voit ainsi que, même pour des diamètres très-ordinaires, on devrait donner aux fonds plats en chaudières cylindriques, des épaisseurs trop considérables pour qu'on puisse les réaliser.

Il résulte de ce qui précède que la tendance à la rupture par flexion a lieu suivant la circonférence-limite des fonds (*); il en est de même pour l'effort transverse, puisque le

(*) Ce qui est conforme aux résultats de quelques expériences mentionnées dans la note qui suit ce mémoire.

maximum de G est $\frac{pR}{2}$. Si donc on désigne par Γ' la résistance transverse maximum que l'on est convenu de faire supporter à la matière, il faut, pour que la valeur de e calculée par la formule (23), soit suffisante, que

$$\Gamma' \geqq \frac{pR}{2e}$$

ou

$$e \geqq \frac{pR}{2\Gamma'},$$

$$e \geqq \frac{e'}{2} \frac{\Gamma}{\Gamma'}.$$

Au défaut d'expériences, on peut, d'après certaines considérations théoriques de Navier, admettre que

$$\frac{\Gamma}{\Gamma'} = \frac{5}{4}$$

pour se trouver dans les mêmes conditions, relativement à la fatigue de la matière par allongement et par glissement; d'où

$$e \geqq \frac{5}{8} e'.$$

L'équation (19), en négligeant les puissances de l'infléchissement supérieures à la seconde, peut se mettre sous la forme

$$\frac{Ee^3}{12} \cdot \frac{d^2x}{dy^2} = py^2;$$

d'où, en intégrant, et remarquant que $x = 0$, $\frac{dx}{dy} = 0$, pour $y = 0$,

$$Ee^3 x = \frac{py^4}{6},$$

et la section méridienne de la plaque déformée est une pa-

rabole du quatrième degré. Si l'on désigne par f la flèche, on a

$$f = \frac{pR^4}{Ee^3}.$$

Si l'on remarque que λ peut sans inconvénient être négligé devant l'unité, on voit que la forme de la section méridienne est indépendante des conditions auxquelles le bord de la plaque est assujetti, ce qui paraît paradoxal au premier abord, surtout en considérant ce qui a lieu pour une lame dont une face est soumise à une pression uniforme et dans les deux extrémités sont encastrées. La différence consiste en ce que la largeur du segment aOa' étant nulle au point O, il en est de même du moment où le couple élastique correspondant au même point; tandis que pour une lame, ce couple introduirait dans l'équivalent de l'équation (11) une constante arbitraire que l'on aurait à déterminer d'après les conditions relatives aux extrémités. Le problème qui nous occupe comporte ainsi une condition de plus que le problème semblable qui se rapporte aux lames.

Si l'enveloppe est encastrée suivant son pourtour, elle prendra donc une forme déterminée et il y aura discontinuité au delà de l'encastrement; c'est précisément ce que j'ai observé dans une expérience récente exécutée sur un fond plat en tôle fermant par un encastrement circulaire l'ouverture d'un vase rempli d'eau mis en communication avec une pompe foulante. Sous une pression intérieure, la tôle se gonflait dans toute son étendue sans que sa section méridienne présentât ce point d'inflexion. Dans ce cas, d'après la formule (10) on a $\lambda = -\lambda' = 0$, c'est-à-dire que les dilatations sont de l'ordre des termes que nous avons négligés, ou du second ordre.

Soit qu'il y ait encastrement, soit que le fonds soit adapté à l'extrémité d'une enveloppe cylindrique, les composantes et les couples élastiques ont des valeurs parfaitement dé-

terminées qui ne dépendent que de la nature et des éléments géométriques de la plaque et de la pression p.

4. *Équations d'élasticité relatives à un fond sphérique.* — Dans ce cas on a

$$y = \rho_0 \sin\varphi, \qquad x = \rho_0(1 - \cos\varphi), \qquad ds = \rho_0 d\varphi,$$

$$\frac{d^2x}{dy^2} = \frac{d \tang\varphi}{d\varphi} \cdot \frac{1}{\frac{d\varphi}{dy}} = \frac{1}{\cos^3\varphi}.$$

On reconnaît facilement que le second membre de l'équation (14) se réduit à

$$(g) \qquad \frac{\tang^2\varphi}{\cos^2\varphi}\left(\frac{p\rho_0}{2} - \mathrm{E}e\lambda\right).$$

La troisième des formules (5) devient

$$(h) \qquad \delta\varphi = \frac{d}{d\varphi}\left(2\lambda + \frac{d\lambda}{d\varphi}\tang\varphi\right).$$

Il vient donc

$$(24) \qquad \frac{\mathrm{E}e^3}{12\rho_0 e}\frac{d}{d\varphi}\sin\varphi\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\tang\varphi\frac{d\lambda}{d\varphi} + 2\lambda\right) = $$
$$= \tang^2\varphi\left(\mathrm{E}e\lambda - \frac{p\rho_0}{2}\right).$$

Si l'on pose

$$(i) \qquad \lambda = \frac{p\rho_0}{2\mathrm{E}e},$$

l'équation précédente est satisfaite; la seconde des formules (5) donne

$$\delta\varphi = 0,$$

les formules (2) et (4) se réduisent à l'égalité

$$\lambda = \lambda'.$$

En d'autres termes, la valeur (i) de λ est une solution du

problème, et qui correspond en effet à l'équilibre d'élasticité d'une enveloppe sphérique complète, soumise à la pression intérieure p.

Revenant au cas général, il est facile de voir que les conditions (17) et (18) se réduisent respectivement aux suivantes.

$$\left.\begin{array}{ll}(17') & \dfrac{d\lambda}{d\varphi} = 0 \\ (18') & \dfrac{d^2\lambda}{d\varphi^2} = 0\end{array}\right\} \text{ pour } \varphi = 0.$$

En appelant Φ la valeur de φ correspondant à $y = R$, la condition (19) se met sous la forme

$$(19') \qquad \delta\Phi = \frac{1}{\cos\Phi}\left(\lambda + \operatorname{tang}\Phi\,\frac{d\lambda}{d\varphi}\right)_{\varphi=\Phi}.$$

Quoique l'équation (24) se présente sous une forme remarquable, elle ne paraît pas intégrable, du moins par les procédés connus ou au moyen des fonctions que nous connaissons. D'ailleurs, elle se prête peu à une intégration par approximation ou par développement en série pour les valeurs de φ comprises entre certaines limites. Pour ce dernier objet, il est préférable de substituer $\sin\varphi$ à la variable φ. Posons donc :

$$(25) \qquad \left\{\begin{array}{l} u = \lambda - \dfrac{p\rho_0}{2Ee} \\ k = 12\,\dfrac{\rho_0^2}{e} \\ z = \sin\varphi; \end{array}\right.$$

on a

$$\frac{d.}{d\varphi} = \frac{d.}{dz}\cdot\frac{dz}{d\varphi} = \frac{d.}{dz}\cdot\sqrt{2 - z^2},$$

$$\frac{d^2.}{d\varphi^2} = \frac{d^2.}{dz^2}\cdot(1 - z^2) - z\,\frac{d.}{dz};$$

L'équation (23) devient par suite

$$(26)\quad \frac{d}{dz}\left[z^2(1-z^2)\frac{d^3u}{dz^3}+(4-5z^2)z\frac{d^2u}{dz^2}-3z^2\frac{du}{dz}\right]= \\ = kz^2(1-z^2)^{-\frac{3}{2}}u,$$

et les conditions (17′) et (18′),

$$\left.\begin{array}{ll}(17'') & \dfrac{du}{dz}=0 \\ (18'') & \dfrac{d^2u}{dz^2}=0\end{array}\right\}\ \text{pour } y=0.$$

Supposons que u soit développé en série ordonnée suivant les puissances ascendantes de z, et représentons cette série par

$$(27)\qquad u=\sum A_n z^n.$$

En remplaçant u par z^n dans le premier membre de l'équation (26), on trouve pour résultat :

$$-n^2(n+2)z^{n+1}+n(n-1)(n+2)z^{n-1};$$

d'où il suit que le terme en z^n résultant de la substitution de la série (27) dans le premier membre a pour coefficient :

$$-(n-1)^2(n+1)A_{n-1}+n(n+1)(n+3)A_{n+1};$$

D'autre part, on a,

$$z^2(1-z^2)^{-\frac{3}{2}}=\sum\frac{3.5\ldots\ldots 2q+1}{1 2\ldots\ldots q}\cdot\frac{z^{2q+2}}{2^q},$$

d'où

$$uz^2(1-z^2)^{\frac{3}{2}}=\sum\frac{3.5\ldots\ldots 2q+1}{1.2\ldots\ldots q}\cdot\frac{z^{2q+q'+2}}{2^q}A_{q'}.$$

Je pose :

$$2q+q'+2=n,$$

d'où

$$q' = n - 2(q + 1).$$

Le terme en z^n du développement précédent aura pour coefficient :

$$(28) \qquad \sum \frac{3.5\ldots\ldots 2q+1}{1.2\ldots\ldots q} \cdot \frac{A_{n-2(1+q)}}{2q},$$

le signe Σ se rapportant à toutes les valeurs de q qui rendent $q' > 0$, ou qui sont inclusivement comprises entre o et $\frac{n-1}{2}$ ou $\frac{n-2}{2}$, selon que n sera impair ou pair.

On voit par suite que l'on a :

$$(29) \quad n(n+1)(n+3)A_{n+1} - (n-1)^2(n+1).A_{n-1} =$$

$$= \frac{n-2}{2} k \sum_{q=0}^{q=\frac{n-1}{2} \text{ ou } \frac{n-2}{2}} \frac{3.5\ldots 2q+1}{12\ldots q} \cdot \frac{A_n - 2(1+q)}{2^q},$$

relation qui permettra de calculer A_{n+1} connaissant les coefficients précédents. En supposant successivement $n=2$, 3, etc., ..., on trouve :

$$2.\ 3.\ 5A_3 = kA_0$$
$$3.\ 4.\ 6A_4 - 2^2.3A_2 = kA_1$$
$$4.\ 5.\ 7A_5 - 3^2.4A_3 = k\left(\frac{3}{1}\frac{A_0}{2} + A_2\right)$$
$$5.\ 6.\ 8A_6 - 4^2.5A_4 = k\left(\frac{3}{1}\frac{A_1}{2} + A_3\right)$$
$$6.\ 7.\ 9A_7 - 5^2.6A_5 = k\left(\frac{3}{1}\frac{5}{2}\frac{A_0}{2^2} + \frac{3}{1}\frac{A_2}{2} + A_4\right)$$
$$7.\ 8.10A_8 - 6^2.7A_6 = k\left(\frac{3}{1}\frac{5}{2}\frac{A_1}{2^2} + \frac{3}{1}\frac{A_3}{2} + A_5\right)$$
$$8.\ 9.11A_9 - 7^2.8A_7 = k\left(\frac{3.5.7}{1.2.3}\frac{A_0}{2^3} + \frac{3.5}{1.2}\frac{A_2}{2^2} + \frac{3}{1}A_4 + A_6\right)$$
$$9.10.12A_{10} - 8^2.9A_8 = k\left(\frac{3.5.7}{1.2.3}\cdot\frac{A_1}{2^3} + \frac{3.5}{1.2}\frac{A_3}{2_2} + \frac{3}{1}A_5 + A_7\right).$$

. . . .

Tous les coefficients A_n pouvant s'exprimer au moyen des trois premiers qui restent seuls arbitraires, la série (27) n'est qu'une intégrale particulière de l'équation (26) ; pour avoir l'intégrale générale, il faudrait ajouter à cette série celle qui, développée suivant les puissances négatives de z, satisferait à la même équation ; mais cette dernière partie ne peut convenir à la question, parce que u ou λ doit rester fini pour $\varphi = 0$.

Les conditions (17″) et (18″) donnent :

$$A_1 = 0, \quad A_2 = 0,$$

et tous les coefficients A d'indice impair sont nuls.

La condition (19) peut se mettre sous la forme :

$$(30)\quad \delta R = R\left(\lambda + \frac{R}{\rho_0}\frac{d\lambda}{dz}\right) = R\left(u + \frac{p\rho_0}{2Ee} + \frac{R}{\rho_0}\frac{du}{dz}\right)_{z=\frac{R}{\rho_0}},$$

et fera connaître le coefficient A_0 lorsque δR sera donné.

Dans le cas d'un encastrement, on a $\delta R = 0$. Par suite :

$$\sum A_n \cdot \left(\frac{R}{\rho_0}\right)^n + \frac{p\rho_0}{2Ee} + \frac{R}{\rho_0}\sum n A_n \left(\frac{R}{\rho_0}\right)^{n-1} = 0.$$

Si le fonds est adapté à l'extrémité du corps cylindrique, on opèrera, ainsi que nous l'avons dit plus haut, avant de nous occuper des applications. On est ainsi conduit à résoudre le problème suivant, qui ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

5. ***De l'équilibre d'élasticité d'un corps cylindrique soumis à une pression intérieure et extérieure, et dont les extrémités sont assujetties à des conditions complètement identiques, de manière à conserver la forme circulaire.***

Soient (*fig.* 2).

Cx la génératrice moyenne de l'une des sections faites dans l'enveloppe cylindrique avant la déformation, par un plan passant par l'axe OO′ ;

Ca la trace sur ce plan du plan perpendiculaire au milieu a de OO'. Après la déformation; le lieu géométrique des lignes telles que Ox est une surface de révolution ayant pour axe OO' et dont le plan équatorial aC est un plan de symétrie; le point C de Cx s'est éloigné du point a, mais la tangente en ce point de la génératrice déformée est normale à Oa.

Cela posé, concevons que l'on transporte la section déformée parallèlement à Ca, de manière à ramener la position finale de C à coïncider avec sa position primitive. Soient alors cru ce que devient la génératrice moyenne déformée; $O'O'_1$ la position que prend l'axe OO'.

Choisissons C pour origine des coordonnées et Ca pour axe des y.

Considérons maintenant un élément de volume déterminé par, 1° deux plans méridiens $Od''d'$, $Od''_1d'_1$ symétriques par rapport au plan yCx ou $O'ee''$ et faisant entre eux l'angle $d\theta$; 2° deux plans $e'e''$, $e'_1e''_1$ perpendiculaires à Cx et distants de dx.

On démontrera comme au n° 1 que, vu la symétrie, il ne peut pas y avoir de composantes élastiques de glissement dans les faces $d'd''$, $d'_1d''_1$.

Soient maintenant G, $-(G+dG)$ les composantes de glissement parallèles à Cy dans les faces $e'e''$, $e'_1e''_1$; B la composante de dilatation dans chacune des faces $d'd''$, $d'_1d''_1$; R le rayon moyen primitif du cylindre; e l'épaisseur de l'enveloppe supposée très-petite par rapport à R; p la différence des pressions intérieure et extérieure exercée sur l'enveloppe.

En raison de la petitesse supposée de $\frac{e}{R}$, on peut considérer la pièce comme uniquement sollicitée par la pression intérieure p.

On voit de suite que pour l'équilibre de l'élément de volume $d'd'_1d''_1d''e'e''e'_1e''_1$, il faut que

1° $$-\mathrm{R}ed\theta.d\mathrm{G} + \mathrm{B}edx.d\theta - p\mathrm{R}d\theta.dx = 0$$

ou

$$(1) \qquad -\mathrm{R}\frac{d\mathrm{G}}{dx} + \mathrm{B} = p.$$

2° La traction exercée sur les faces $e'e''$, $e'_1e''_1$, et par suite sur toutes les sections semblables, soit constante. Cette traction est évidemment égale à

$$\frac{\pi\mathrm{R}^2p}{2\pi\mathrm{R}e} = \frac{\mathrm{R}p}{2e}.$$

Prenons maintenant, par rapport à l'axe projeté en C, les moments des forces qui sollicitent l'élément du volume déterminé par les plans $e'e''$, $e'_1e''_1$, $d'd''$, $d'_1d''_1$. La composante G devra être prise maintenant en sens contraire de tout à l'heure, puisque actuellement nous avons à considérer l'action du volume $e'e''e'_1e''_1$ sur le volume supérieur; elle donne le moment

$$-\mathrm{GR}d\theta ex.$$

Les moments relatifs à B et p sont respectivement

$$-ed\theta\int_0^x \mathrm{B}xdx, \qquad -p\mathrm{R}\frac{x^2}{2}.$$

Dans la section $e'e''$, il se développe un couple élastique ayant pour moment

$$-\frac{\mathrm{E}e^3\mathrm{R}}{12}.\frac{d^2y}{dx^2}.$$

Les couples élastiques développés dans les faces élémentaires latérales telles que $d'd''$ ayant leurs axes perpendiculaires à l'axe C, il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

Il vient ainsi

$$(2) \quad \frac{\mathrm{E}e^3}{12}\mathrm{R}\frac{d^2y}{dx^2} = -\mathrm{GR}ex + e\int_0^x \mathrm{B}xdx - p\mathrm{R}\frac{x^2}{2} + \mathrm{M},$$

en appelant M le moment du couple élastique développé dans la section faite par le plan Ca.

En différentiant par rapport à x et ayant égard à l'équation (1) on trouve

$$(3)\qquad \frac{Ee^3R}{12}\cdot\frac{d^3y}{dx^3} = -GRe + ex\left(-R\frac{dG}{dx} + B\right) - pRx = -GRe.$$

Une dernière différentiation donne enfin

$$(4)\qquad \frac{Ee^3R}{12}\frac{d^4y}{dx^4} = -eR\frac{dG}{dx} = \left(\frac{pR}{e} - B\right).$$

Cette équation est satisfaite par

$$y = 0,$$
$$pR = Be,$$

relations qui correspondent effectivement au cas d'une enveloppe cylindrique indéfinie pour laquelle les conditions relatives aux limites disparaissent; et c'est en admettant à priori la première comme évidente, que l'on arrive directement à la seconde, lorsque l'on veut établir la formule relative à la résistance du corps cylindrique d'une chaudière.

Revenant au problème général qui nous occupe, soient k, h, h_1, les points où l'ordonnée du point m de la courbe cm rencontre respectivement Cx, OO', $O_1 O'_1$ on a

$$h_1m - hk = hh_1 + hm - (hm + mk) = hh_1 - mk = \varepsilon - y,$$

en désignant par ε le déplacement réel du sommet O de Om égal évidemment à hh.

L'allongement relatif éprouvé par la fibre moyenne transversale étant, comme on le voit sans difficulté,

$$\frac{h_1m - hk}{R} = \frac{\varepsilon - y}{R},$$

on a

$$B = E\,\frac{(\varepsilon - y)}{R}; \tag{5}$$

L'équation (4) devient par suite

$$\frac{Ee^3}{12}\,R\,\frac{d^4y}{dx^4} = \left(\frac{pR}{e} - E\,\frac{(\varepsilon - y)}{R}\right)$$

ou

$$\frac{d^4y}{dx^4} = \frac{12}{R^2e^3}\left(\frac{pR^2}{Ee} - \varepsilon + y\right). \tag{6}$$

Posons

$$\frac{12}{R^2e^2} = k^4, \quad \frac{pR^2}{Ec} - \varepsilon + y = u,$$

nous aurons

$$\frac{d^4u}{dx^4} = k^4u, \tag{7}$$

équation dont l'intégrale générale est

$$u = Ae^{kx} + Be^{-kx} + e\cos kx + D\sin kx, \tag{8}$$

en désignant par A, B, C, D quatre constantes arbitraires.

On tire de là

$$y = -\frac{pR^2}{Ee} + \varepsilon + Ae^{kx} + Be^{-kx} + C\cos kx + D\sin kx, \tag{9}$$

expression renfermant cinq arbitraires E, A, B C, D, entre lesquelles, il faut établir cinq relations propres à les déterminer en tenant compte des conditions relatives aux extrémités de l'enveloppe qui n'interviennent d'ailleurs que pour deux de ces relations.

En effet on a visiblement $y = o$, $\frac{dy}{dx} = o$ pour $x = o$, d'où

$$A + B + C = \frac{pR^2}{Ee} - \varepsilon, \tag{10}$$

$$A - B + D = o.$$

Mais à cause de la symétrie par rapport au plan Cy, d'après un raisonnement fait au n° 1 et déjà rappelé un peu plus haut, G est nul dans la section correspondante ou pour $x = o$; en d'autres on a, en vertu de l'équation (3),

$$\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_{x=0} = 0,$$

ce qui se traduit par la relation

$$(11) \qquad A - B - D = 0,$$

qui jointe aux formules (10) donne

$$D = 0, \quad A = B, \quad C = \frac{pR^2}{Ee} - \varepsilon - 2A.$$

L'équation (9) devient ainsi

$$(12) \quad y = \left(\varepsilon - \frac{pR^2}{Ee}\right)(1 - \cos kx) + A(e^{kx} + e^{-kx} - 2\cos kx),$$

ou

$$(13) \quad \varepsilon - y = \frac{pR^2}{Ee}(1 - \cos kx) - A(e^{kx} + e^{-kx} - 2\cos kx),$$

et le tout se réduit à établir en tenant compte des conditions relatives aux extrémités de l'enveloppe cylindrique les deux relations qui doivent permettre de déterminer A et ε.

Cette dernière partie du problème est très-compliquée même dans le cas des fonds sphériques dont nous n'avons pu nous tirer qu'en intégrant au moyen d'une série dont la loi des termes est loin d'être simple. C'est pourquoi nous nous restreindrons au cas des fonds plats.

Équilibre d'élasticité d'une chaudière cylindrique à fonds plats.

Considérons une enveloppe cylindrique terminée par deux fonds plats faisant corps avec elle, mais pouvant avoir une

épaisseur différente, et que nous supposerons pour plus de simplicité formée de la même matière.

Cette conception théorique est à peu près irréalisable, et dans la pratique, on ajuste généralement les fonds plats sur le corps cylindrique, au moyen de cornières circulaires. Néanmoins l'hypothèse actuelle doit conduire à des résultats peu différents de ceux que l'on obtiendrait, en se plaçant dans les conditions de la réalité si l'analyse permettait d'y arriver.

Concevons une section méridienne dans la pièce dont pour fixer les idées nous supposerons l'axe vertical. Soient : (fig. 3) :

CC' le diamètre moyen de la section équatorial compris dans le plan précédent, aa' bb' ceux des fonds plats; G, O, O' les milieux de CC', aa', bb';

$2l = ab = a'b' = 2Ca$, la longueur du corps cylindrique.

Conservons les notations du numéro précédent, en distinguant toutefois par l'indice 1 l'épaisseur des fonds plats, représentée aussi par e_1, de l'épaisseur du corps cylindrique.

Nous avons vu (n° 3) que les dilatations suivant le parallèle et la méridienne d'un fonds plat déformé sont constantes et égales entre elles, et égales par suite à celle du point a que l'on peut considérer comme faisant partie de ab. Or, en appelant y_1 la valeur de y pour le point a, ou correspondant à $x=l$, cette dernière dilatation est, d'après le numéro ci-dessus

$$\frac{\varepsilon - y_1}{R}.$$

Les composantes normales au plan de la figure relatives à aa', bb' donnent par conséquent la résultante

$$E.4Re_1\frac{(\varepsilon - y_1)}{R} = 4Ee_1(\varepsilon - y_1).$$

Pour les côtés $ab\,a'b'$ on a, de même

$$Ee\int_0^l B\,dx = 4E\,\frac{le}{R}\int_0^l (\varepsilon - y_1)\,dx.$$

Ces deux forces faisant équilibre à la résultante des pressions sur aa', bb' on a, en négligeant e devant R

$$(14)\qquad \frac{e}{R}\int_0^x (\varepsilon - y)\,dx + e_1(\varepsilon - y_1) = \frac{Rlp}{E}$$

ou

$$(15)\quad \frac{e}{R}\left[\frac{pR^2}{Ee}\left(l + \frac{\sin kt}{k}\right) + \frac{\varepsilon}{k}\sin kl - \frac{A}{k}(e^{kl} - e^{-kl} - 2\sin kl)\right] +$$
$$+ e_1\left(\frac{pR^2}{Ee}(1 - \cos kl) + \varepsilon\cos kl - A(e^{kl} + e^{-kl} - 2\cos kl)\right) = \frac{Rlp}{E}$$

ou encore, en ayant égard à la valeur de k,

$$(16)\ \frac{pR^2}{Ee}\left(\frac{e^2\sin kl}{\sqrt[4]{12}\,\sqrt{Re}} + e_1(1 - \cos kl)\right) + \varepsilon\left(\frac{e^2\sin kl}{\sqrt[4]{12}\,\sqrt{Re}} + e_1\cos kl\right) +$$
$$+ A\left[-e^{kl}\left(\frac{e^2}{\sqrt[4]{12}\cdot\sqrt{Re}} + e_1\right) + e^{-kl}\left(\frac{e^2}{\sqrt[4]{12}\,\sqrt{Re}} - e_1\right) + \right.$$
$$\left. + \frac{2e\sin kl}{\sqrt[4]{12}\,\sqrt{Re}} - 2e_1\cos kl\right] = 0.$$

Il nous reste maintenant à établir une autre relation entre A et ε de manière à pouvoir déterminer ces deux quantités. Concevons à cet effet un élément de volume $(\alpha\gamma\gamma_1\alpha_1,\ \alpha'\alpha O)$ déterminé par le plan méridien faisant avec celui de la figure l'angle θ; soit $O\alpha$ la bissectrice de l'angle $\alpha O\alpha'$ menée dans le plan moyen Oa. Les actions normales aux faces $O\alpha$, $O\alpha'$ donnent suivant OI la résultante

$$ER\theta\,\frac{(\varepsilon - y_1)e_1}{R} = E\theta(\varepsilon - y_1)e_1,$$

en négligeant comme nous l'avons fait jusqu'ici e_1 devant R.

Mais dans l'aire $\alpha\beta_1\beta_1'\alpha'$ se développe l'action moléculaire tangentielle

$$eR\theta G_1,$$

en désignant par G_1 la valeur de G du numéro précédent correspondant à $x=l$. Comme les deux forces doivent se faire équilibre, il faut que

$$E(\varepsilon - y_1)e_1 + eRG_1 = o,$$

ou en vertu de l'équation (3) du n° (5)

$$(\varepsilon - y_1)e_1 = \frac{Re^3}{12}\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right)_{x=l}$$

ou

$$\frac{e^2}{\sqrt[4]{12}\sqrt{Re}}\left(A(e^{kl} - e^{-kl} - 2\sin kl) - \varepsilon\sin kl + \frac{pR^2}{Ee}\sin kl\right) =$$
$$= e_1\left(\frac{pR^2}{Ee}(1 - \cos kl) + \varepsilon\cos kl - A(e^{kl} + e^{-kl} - 2\cos kl\right),$$

ou enfin

$$(17)\ \frac{pR^2}{Ee}\left(e_1(1-\cos kl) - \frac{e^2\sin kl}{\sqrt[4]{12}.\sqrt{Re}}\right) + \varepsilon\left(e_1\cos kl + \frac{e^2\sin kl}{\sqrt[4]{12}\sqrt{Re}}\right) +$$
$$+ A\left(-e_1(e^{kl} + e^{-kl} - 2\cos kl) + \frac{e^2}{\sqrt[4]{12}\sqrt{Re}}(e^{kl} - e^{-kl} - 2\sin kl)\right).$$

Des équations (16) et (17) on tire

$$A = \frac{\frac{pR^2}{Ee}\cdot\frac{e^2}{\sqrt[4]{12}\sqrt{Re}}}{e_1(e^{kl} + e^{-kl} + 2\cos kl) - \frac{2e^2\sin kl}{\sqrt[4]{12}\sqrt{Re}}},\ (*)$$

(*) Si on suppose $l = \infty$, on a $A = o$, ce qui devait être les conditions relatives aux limites, n'ayant plus d'influence.

on trouvera sans peine la valeur de ε et enfin, on déterminera les conditions de résistance du corps cylindrique et des fonds plats, avec la même facilité que pour les pièces prismatiques. Nous n'écrirons pas ces différentes formules en raison de leur complication ; l'essentiel pour nous était de montrer comment on peut assurer à une solution complète du problème que nous nous sommes proposé du moins dans un cas particulier intéressant.

NOTE RELATIVE A QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LA RÉSISTANCE DES PLAQUES MINCES CIRCULAIRES.

M. Guillemin, directeur de l'atelier de construction de Casamène, a bien voulu se prêter à quelques essais sur la rupture par la pompe de pression de plaques minces en tôle de forme circulaire.

L'encastrement (*fig.* 4) qui avait $0^m.30$ de diamètre était produit par une couronne en fer forgé de 65 millimètres de largeur boulonnée sur une couronne de même largeur, renforçant l'ouverture d'un vase en très-forte tôle. Les boulons étaient aussi rapprochés que possible, en vue de réduire à peu de chose l'ovalisation des trous correspondants de la plaque de la tôle soumise à l'expérience ; deux rondelles de cuir formaient la garniture.

Pour indiquer les pressions, nous avons employé le manomètre étalon du système Bourdon, muni d'un ingénieux petit appareil, dû à M. Minary, et qui permettait de maintenir fixe la position de l'aiguille lorsqu'on arrivait à une pression quelconque (*).

(*) Le manomètre était placé à la naissance du tuyau de conduite de la pompe au vase. L'eau, au lieu d'arriver directement au manomètre (*fig.* 5), se

Une première tôle plate de comté, première qualité, de $1^{mil},15$ d'épaisseur, s'est fortement emboutie sous une pression de 24 atmosphères, mais n'a pu être rompue. Elle a pris une flèche de 36 millimètres.

Un autre disque en tôle, pris dans la même feuille, s'est rompu suivant un quart de périmètre de l'encastrement sous une pression de 27 atmosphères. La flèche obtenue a été de 43 millimètres.

Une troisième plaque, prise toujours dans la même feuille, mais emboutie au marteau avec une flèche initiale de 36 millimètres, n'a pu se rompre sous une pression de 37 atmosphères, pression que nous n'avons pu dépasser à cause des portes par les joints et les boulons. La flèche a été finalement de 56 millimètres, de sorte qu'elle n'avait varié que de 20 millimètres.

Il ne nous a pas été possible d'apprécier pour les parois planes la pression correspondant à la première réformation permanente, qui, toutefois, a dû avoir lieu presque immédiatement. Mais on peut évaluer cette pression approximativement en se servant de la formule (22) du n° 3, convenablement transformée; en posant en effet $p = (n - 1)\,10\,333$ kil., n étant le nombre d'atmosphères correspondant à la première intérieure, puis évaluant e et E en prenant pour unité le millimètre, cette formule donne

$$n = 2 + \frac{e^2\Gamma}{1.10333R^2},$$

ou, comme

$$R = 0,150,$$

$$n = 1 + 0,00216\Gamma e^2.$$

Pour les tôles minces recuites de la nature de celles que nous avons employées, la résistance à l'allongement permanent doit être, à très-peu près, égale à 60 kil. $= \Gamma$; et comme on a $e = 1.15$, il s'ensuit que

$$n = 1,17.$$

Une plaque en tôle puddlée de $1^{mil},4$ d'épaisseur dans le sens des

---

rendait du bord dans une petite capacité par un orifice fermé par une soupape à tige guidée et pressée par un ressort à boudin. De là elle allait au manomètre par un canal spécial. Les guides de la tige de la soupape étaient percés de trous, de sorte qu'en donnant ou ou deux coups de piston, on pouvait faire dégager l'air contenu dans l'appareil, en ouvrant préalablement un bouchon à vis couronnant sa partie supérieure.

fibres, résultant du laminage, fut rompue sous une pression de 17 atmosphères, suivant une ligne intermédiaire entre le sommet et l'encadrement. La flèche finale a été de 35 millimètres.

Une autre paroi plane en tôle puddlée de $1^{mill},1$ d'épaisseur s'est rompue sous une pression de 10 atmosphères, en donnant lieu à une flèche de 36 millimètres. La rupture a eu lieu suivant une ligne un peu ondulée s'éloignant peu du sens du laminage.

Une paroi emboutie au marteau, sous une flèche initiale de 23 millimètres, s'est rompue sous une pression de 8 atmosphères, ce qui n'a rien d'étonnant, si l'on considère que le travail du marteau aigrit les qualités de tôles.

On ne peut pas dans les deux derniers essais ci-dessus supposer Γ supérieur à 30 kil., ce qui donne pour la valeur minimum de n relativement à la déformation permanente :

$$n = 1,125 \quad \text{pour} \quad e = 1,5,$$
$$n = 1,078 \quad \text{pour} \quad e = 1,1.$$

On voit par cela même combien les fonds plats seraient peu résistants s'ils n'étaient entretoisés.

COMMISSION INSTITUÉE PAR ARRÊTÉ MINISTÉRIEL DU 28 JUIN 1866.

RAPPORT

PAR UNE SOUS-COMMISSION COMPOSÉE DE :

MM. COMBES, inspecteur général des mines;
COUCHE, inspecteur général des mines;
SAUVAGE, ingénieur en chef des mines;
LEBLEU, ingénieur des mines, *rapporteur*.

Par une dépêche, en date du 20 janvier 1868, Son Excellence le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics a renvoyé à l'examen de la commission des règlements et inventions un système de frein automoteur présenté par MM. Lefèvre et Dorré. Depuis cette époque, l'étude du nouveau frein a été poursuivie, soit par la commission, soit par les inventeurs. Dès le 11 février 1868, une sous-commission, composée de MM. Combes, Couche et Sauvage, faisait un voyage d'essai entre Paris et Lagny. Depuis cette époque, le système primitif a reçu de nombreuses modifications que l'expérience a fait reconnaître comme nécessaires. Nous ne croyons pas utile de rappeler les différentes phases de l'étude du nouveau frein ; nous nous bornerons à faire connaître la forme définitivement adoptée. Le frein automoteur est appliqué aujourd'hui à six fourgons pour trains de marchandises, à quatre fourgons pour trains de voyageurs et à deux voitures de troisième classe.

Origine du nouveau frein. — M. Lefèvre, l'un des auteurs du projet soumis aujourd'hui à la commission, est, sinon le premier, du moins un des premiers inventeurs du frein

automoteur. Dès l'année 1844, il prenait un brevet pour un appareil de ce genre, fondé sur le recul libre de l'un des ressorts de choc d'un véhicule. Mais l'inventeur n'ayant pas payé l'annuité, son brevet tomba dans le domaine public. Cependant l'invention avait porté ses fruits, et Son Excellence le ministre, reconnaissant les services rendus par M. Lefèvre, lui allouait en 1856 une somme de 1.000 francs à titre d'encouragement.

La première idée de M. Lefèvre avait en effet été utilisée par M. Guérin, qui, après l'avoir mieux étudiée et surtout après avoir résolu le problème de l'embrayage et du débrayage, présenta le frein si connu et si répandu sous son nom depuis cette époque. Il est inutile de revenir sur les avantages des freins automoteurs en général, et sur la description du frein Guérin. Le rapport (*) de MM. Piobert, Combes et Couche, de 1856, est aussi complet que possible. Cependant le frein Guérin semble abandonné maintenant par la plupart des compagnies des chemins de fer. Il faut donc que l'expérience ait révélé des inconvénients difficiles à prévoir. Nous allons les résumer en quelques mots et faire voir ainsi de quelle manière se justifie le nouveau frein qui a pour but de donner la solution de ces difficultés pratiques.

Causes de l'abandon du frein automoteur Guérin. — La compagnie de l'Est, par exemple, était entrée largement dans la voie d'application des freins automoteurs Guérin à tous les trains de diverse nature, sur les différents profils que comporte son réseau. Depuis deux ans environ, elle y a complétement renoncé, et voici les principaux motifs qui l'ont dirigée.

L'occasion même de cette mesure radicale a été un accident grave arrivé le 23 septembre 1866. Quarante-trois wagons détachés d'un train, au sommet d'une rampe de

(*) *Annales des Mines*, 5e série, tome X, page 115.

10 millièmes, avaient parcouru 10 kilomètres à contre-voie en descendant la pente, sans qu'aucun des moyens employés pour les arrêter ait pu réussir. Parmi ces quarante-trois wagons, il s'en trouvait un certain nombre armés de freins automoteurs qui n'avaient pas fonctionné.

Nous avons dit que telle avait été l'occasion de la mesure prise par la compagnie et non la cause. Car il était parfaitement établi que les automoteurs placés à la queue d'un groupe de wagons en dérive sur une pente ne pouvaient avoir d'action efficace, Aussi avait-il été posé en principe, que les automoteurs doivent être répartis à peu près également dans un train, de manière à ce que quelques-uns puissent, en cas de recul, agir par suite de la force retardatrice du fourgon de queue (devenant alors fourgon de tête) muni d'un frein ordinaire.

Mais cette composition de train avait le grave inconvénient de rendre sinon impossible, au moins très-difficile l'emploi des machines de renfort en queue. La compagnie de l'Est, très-préoccupée de cette question importante, en confia l'étude à l'un de ses ingénieurs qui, dans un rapport du mois d'août 1867, concluait que la mise en queue de la machine de renfort sur des pentes de 10 millimètres n'est pas incompatible avec l'emploi des freins automoteurs Guérin, pourvu que l'on assure le déclanchement par la manœuvre suivante :

« Compression du train par la machine de renfort pen-« dant l'accrochage en queue.

« Démarrage par la machine de tête seule jusqu'à con-« currence de la détente du train. A ce moment seulement « la machine de renfort donne à son tour. »

Nous ne discuterons pas maintenant ces conclusions sur lesquelles nous aurons à revenir plus tard. Nous ferons observer seulement que le principe même du frein Guérin *qui ne peut se désarmer qu'après avoir fonctionné* nécessiterait ainsi des manœuvres fort délicates, et à peu près

irréalisables dans la pratique journalière. Quelque sérieuse que soit cette objection, elle n'aurait peut-être pas suffi pour empêcher la généralisation de l'emploi des freins Guérin, si un autre inconvénient plus grave ne s'était révélé. Lorsqu'un train muni de freins Guérin est au moment de s'engager sur une pente au sommet de laquelle se trouve une station, les freins sont désarmés, c'est-à-dire que la fourchette de chacun d'eux est abaissée sur la tige de traction prête à s'appuyer contre l'épaulement de celle-ci, dès qu'une pression quelconque s'exercera contre les tampons. Le train une fois lancé sur la pente, le mécanicien ferme son régulateur bien avant que la vitesse nécessaire à l'armement du frein soit acquise. Or, la machine représente alors à elle seule une résistance de 600 à 700 kilogrammes, c'est-à-dire supérieure à celle du ressort de rappel, et par conséquent suffisante pour faire butter la fourchette contre l'épaulement. Une fois cette buttée produite, quelle que soit l'accélération spontanée du train, la fourchette est maintenue par la pression, et le frein ne s'arme plus. Pour éviter ce grave inconvénient, qui paralyse le frein au moment où il serait le plus nécessaire, on a donné aux mécaniciens les instructions suivantes :

« 1° Fermer le régulateur en abordant la pente, et laisser descendre le train par sa propre pesanteur.

« 2° Dès que la vitesse s'accélérera d'une manière sensible (25 kil. environ), ouvrir le régulateur pendant un parcours de 30 à 40 mètres, afin d'assurer l'enclanchement des freins.

« 3° Fermer le régulateur, et faire fonctionner tous les freins automoteurs du train par le serrage du frein du tender, et au besoin de celui du chef de train. »

Il est facile sans doute d'édicter de pareilles prescriptions ; mais il faut songer aussi à la situation d'un mécanicien qui, n'étant plus maître de son train, n'a d'autre

moyen d'amortir la vitesse qu'en commençant par l'accélérer en donnant de la vapeur afin d'enclancher des freins dans lesquels il a une médiocre confiance. Aussi la compagnie de l'Est a-t-elle compris qu'il fallait avant tout résoudre cette difficulté. M. Dorré, ingénieur de la compagnie et l'un des inventeurs du frein aujourd'hui soumis à la commission, a imaginé alors un système d'échappement à ressort, ayant pour but d'assurer le fonctionnement des freins automoteurs dans les trains lourds à la descente. La barre d'attelage ne peut plus rentrer dans l'œil de la traverse qu'à une pression déterminée par le ressort d'échappement et supérieure, bien entendu, à la résistance que produit la machine descendant avec son régulateur fermé. Mais aussitôt que cette pression est atteinte, la barre d'attelage échappe à l'action du ressort additionnel, et le frein fonctionne librement. Ce système, appliqué en 1865 à 160 véhicules, ne remédiant pas à tous les inconvénients du frein Guérin, ne put en empêcher l'abandon.

Il n'y aurait donc eu d'autre ressource que d'augmenter la puissance du ressort de rappel et de lui donner une bande initiale supérieure à la résistance que présente une machine descendant une rampe avec son régulateur fermé. Mais alors on diminuait d'autant et dans toutes les circonstances l'énergie du frein jusqu'à la paralyser entièrement, et de plus on augmentait l'énergie des réactions nuisibles. On a donc laissé le ressort de rappel avec sa faiblesse relative. Cette insuffisance se manifestait d'ailleurs dans d'autres circonstances. On sait que dès le début il avait été reconnu que, au moment de l'arrêt d'un train arrivant à une station, quelques-uns des freins pouvaient rester armés. Pour parer à la difficulté que présenterait alors le refoulement, les instructions de la compagnie de l'Est portent :

« Si.... le frein était resté serré, il serait nécessaire, « avant de refouler, que le mécanicien, pour détendre le « train, donnât un tour de roue en avant. »

Il est clair que cette prescription était insuffisante puisque le frein Guérin ne peut se désarmer qu'après avoir fonctionné.

Un autre inconvénient résultant de l'insuffisance du ressort de rappel était celui des réactions très-vives produites dans un train au moment de l'arrêt. En effet, quand le train était condensé, les différents ressorts de rappel n'agissaient que successivement et produisaient des chocs d'autant plus violents que la course libre des ressorts de choc avait dû être supprimée dans le sens de la traction, afin d'assurer le jeu du levier ou pendule chassé par la came fixée à l'essieu. Il en résultait que le véhicule était à traction rigide et subissait tous les chocs dus à ce mode d'attelage imparfait. Ces chocs étaient tels que l'on a pu leur attribuer de nombreuses ruptures d'attelages. Aussi les instructions de la compagnie de l'Est portaient-elles :

« Pour éviter les réactions qui, lorsque l'arrêt s'accom-
« plit, peuvent se produire, on doit, pour les trains de
« plus de seize voitures, desserrer le frein du tender un peu
« avant le dernier moment de l'arrêt, c'est-à-dire lorsque
« la vitesse du train est déjà presque entièrement amortie. »

En récapitulant les principales instructions qui viennent d'être mentionnées, on voit combien de soin et d'attention l'emploi des freins automoteurs Guérin demandait de la part d'un mécanicien. Sans aucun doute, dans une expérience ayant pour but unique l'utilisation de ces freins, un homme intelligent peut facilement remplir toutes les conditions exigées : mais on est en droit de conjecturer qu'il n'en est pas de même dans la pratique journalière. Aussi a-t-on vu un grand nombre de mécaniciens n'accepter qu'avec répugnance la conduite de trains comprenant des freins Guérin. Mais, en admettant même que par une longue habitude les mécaniciens d'un réseau étendu comme celui de l'Est, parviennent à se familiariser avec un instrument aussi délicat, la question serait loin d'être résolue. En effet,

par suite de la solidarité qui existe aujourd'hui entre les différentes compagnies de chemins de fer, le matériel à marchandises de l'une circule sur les réseaux des autres, non-seulement en France, mais en Allemagne, en Belgique, en Hollande, en Suisse et bientôt en Italie. Il faudrait donc que l'emploi du frein automoteur Guérin fût complétement généralisé, pour qu'il n'en résultât aucune entrave en un point quelconque du réseau central européen. Mais on est fort loin d'une pareille généralisation. La Prusse, par exemple, n'a pas adopté le frein Guérin; bien plus, elle refuse de recevoir les wagons qui en sont munis. Elle a adopté cette mesure radicale, afin de soustraire son personnel aux nombreuses exigences résultant des instructions ci-dessus rappelées. Or, les relations de ce pays avec la France ont pris une telle extension que, pendant l'année 1868, la compagnie de l'Est aura envoyé en Prusse, par le seul point de Forbach, environ 150 000 wagons destinés à recevoir des chargements de houille. Il aurait donc fallu, si les freins Guérin avaient été maintenus, opérer un triage tel que pas un des 150 000 wagons ne fût muni de cet appareil. Ce seul exemple suffit pour faire comprendre l'insistance avec laquelle le service de l'exploitation de la compagnie de l'Est a demandé l'abandon des freins Guérin. Quant au service du matériel et de la traction, il a d'autant plus volontiers accédé à ces propositions, que l'entretien des freins Guérin demandait une surveillance constante bien difficile à obtenir.

En effet, la course libre du ressort de choc, qui déjà était supprimée dans le sens de la traction, était trop limitée dans le sens de la poussée contre le levier de l'arbre des freins. Cette limite, déterminée par la flèche à donner au ressort de rappel et par la position des pièces du mécanisme, ne permettait pas de compter sur une usure de sabots de plus de 10 millimètres, au delà de laquelle le wagon devait subir un nouveau réglage. Si les agents pré-

posés à la surveillance du matériel ne s'apercevaient pas de l'usure des sabots, le wagon restait en service et ses freins n'agissaient plus.

Quelque graves que paraissent ces objections, il n'en reste pas moins vrai, comme l'a reconnu la commission de 1856, que le système des freins automoteurs est le plus judicieux de tous ceux qui ont été imaginés pour déterminer le ralentissement et l'arrêt des trains. C'est en se pénétrant de ce principe et en étudiant les imperfections du frein Guérin que MM. Lefèvre et Dorré sont arrivés à la solution qu'ils proposent aujourd'hui.

Description du frein de MM. Lefèvre et Dorré (voir Pl. V, *fig.* 6, 7, 8). — Le frein Lefèvre et Dorré s'applique à tout système de frein à main sans nuire au fonctionnement de celui-ci.

La présente application a été faite à un frein à vis ordinaire.

Des deux ressorts de choc et de traction, dont chaque wagon à traction élastique est muni, et que nous désignerons par les lettres *o* et *p*, un seul *o* est destiné à agir sur les sabots par l'intermédiaire d'un levier ; le second *p* doit seulement produire le rappel du premier et permettre l'échappement que M. Dorré avait autrefois cherché à obtenir par un moyen détourné, et qui se produit ici naturellement. L'action des deux ressorts *o* et *p* est subordonnée à celle de l'appareil d'embrayage, sur lequel nous reviendrons tout à l'heure. Dès à présent, nous pouvons admettre que, à une vitesse déterminée à 20 kilomètres à l'heure, le ressort *o* a un recul libre et que sa chappe peut venir s'appuyer contre le levier *q* qui commande l'arbre du frein. Cette disposition est la même que dans le frein Guérin ou dans l'ancien frein Lefèvre. Mais ici intervient le second ressort *p*. Celui-ci a sa chappe appuyée contre une traverse du châssis et ses extrémités sont liées aux tiges des tampons de ce côté du wagon. Il est placé dans cette position avec une bande ini-

tiale, portée provisoirement à 500 kilogrammes pour les fourgons à bagages et à 1 000 kilogrammes pour les wagons à marchandises, mais que l'on peut faire varier à volonté. Les tiges de tampon correspondantes sont prolongées par des tringles *tt* jusqu'au voisinage du ressort *o*; chacune d'elles, s'articule avec un levier horizontal *u*, pivotant autour d'un point fixe *x*, et ayant son extrémité libre appuyée contre le ressort de traction *o*.

Ce simple exposé fait voir dès à présent la solidarité qui existe entre les deux ressorts de choc et traction d'un même wagon; tandis que l'un *o* tend à agir sur le frein par la poussée exercée sur ses tampons, le second *p* oppose une résistance due à sa bande initiale et transmise par les tringles *tt* et les leviers articulés *u*. On comprend aussi qu'à un moment donné, la poussée l'emportera sur la résistance et que les freins agiront. Mais avant de déterminer les conditions de fonctionnement, il est indispensable de décrire l'appareil d'embrayage.

Appareil d'embrayage. — Celui-ci est fondé sur la force centrifuge. Il se divise en deux parties distinctes. La première représente un régulateur de Watt *abcde*, emmanché sur l'essieu au moyen d'une bague ou manchon fixe *e*, et d'un manchon mobile *a*, dont le glissement sur l'essieu est commandé par le mouvement de rotation des boules du régulateur. Quand le véhicule est en stationnement ou animé d'une faible vitesse, ces boules sont maintenues couchées sur l'essieu, au moyen d'un ressort en spirale entourant chacune des bielles *b* et agissant par extension. Dès que la vitesse atteint 20 kilomètres, la force centrifuge des boules l'emporte sur l'action du ressort et le manchon *a* glisse sur l'essieu.

Il dégage alors la seconde partie de l'appareil d'embrayage laquelle est représentée par un parallèlogramme articulé *gfh*, auquel est suspendu un bras vertical *f* en forme de fourche dont les deux branches reposent par leur

poids contre la face extérieure du manchon mobile *a*. Le bras *g* est fixé à un manchon *j* enveloppant la tige de traction. Ce manchon est muni de deux ailettes *k* qui, dans l'état de repos ou de faible vitesse, sont opposées aux deux dents d'une fourche *ll* fixée à la tige de traction. Celle-ci ne peut donc plus alors avancer dans l'œil de la traverse dans le sens de la compression; le centre du ressort *o* est maintenu dans une position fixe lors du refoulement, et le frein est paralysé. Si, au contraire, le parallélogramme est abandonné à lui-même par suite du relèvement des boules du régulateur animées de la force centrifuge, les ailettes *k* suivent le mouvement de rotation du manchon auquel elles sont adaptées; elles dégagent alors la fourche *ll* et par suite donnent à la tige de traction la liberté complète de pénétrer dans l'œil de la traverse. Le frein peut alors agir en vertu du ralentissement produit en tête du train.

Mode de fonctionnement du frein (*). — Ainsi donc il est bien établi qu'à une vitesse supérieure à 20 kilomètres, le frein est armé. Voyons maintenant dans quelles conditions il fonctionnera. Supposons un ralentissement en tête du train; il en résultera une pression P que nous pouvons admettre comme identique sur les tampons d'arrière et d'avant d'un même wagon. Cette pression se transmettra intégralement par les tampons d'un côté sur la chappe du ressort correspondant au frein, qui en même temps subira, par l'effet du ressort opposé une contre-pression qu'il s'agit d'évaluer.

Soient :

b, la bande initiale du ressort opposé,

f, sa flexion en centimètres,

i, la charge nécessaire pour le faire fléchir de 1 centimètre.

(*) Dans ce paragraphe, les lettres choisies pour signes algébriques n'ont rien de commun avec celles des fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12.

l et l', les longueurs respectives des deux bras du levier u.

Il est clair que la contre-pression exercée sur le ressort du frein sera $\frac{l}{l'}(b+fi-P)$, c'est-à-dire que l'effort utile auquel est soumise la chappe de ce ressort, et que nous désignerons par P_u, sera :

$$P_u = P - \frac{l}{l'}\left(b+fi-P\right).$$

Remarquons que la flexion du ressort opposé est proportionnelle au chemin parcouru par la chappe du ressort du frein, ou par la tige de traction solidaire de celle-ci, chemin que nous désignerons par x; d'où il suit :

$$f = \frac{l}{l'}x.$$

Dès lors, P_u devient :

$$P_u = P - \frac{l}{l'}\left(b + i\frac{l}{l'}x - P\right).$$

Il serait facile d'arriver à la détermination de x en fonction de P; mais cette recherche est inutile. En effet, tant que la chappe du ressort du frein ne vient pas s'appuyer contre le levier qui commande l'arbre du frein, celui-ci ne peut agir. Une fois même que le contact a eu lieu, la chappe du ressort doit encore parcourir un chemin correspondant au jeu des sabots pour que ceux-ci exercent une pression sur les roues. Pendant cette période, un élément invariable vient s'ajouter à la contre-pression, c'est l'effort nécessaire pour soulever les différentes pièces du frein, vaincre les frottements, etc., soit c cette constante, on aura alors :

$$P_u = P - \frac{l}{l'}\left(b + i\frac{l}{l'}x - P\right) - c.$$

A la fin de cette période, le serrage commence seulement; mais alors la variable x devient constante; car le levier de l'arbre du frein est maintenu dans une position invariable; il ne fait plus que transmettre des efforts plus ou moins considérables. Soit donc alors $x = e$, le chemin parcouru; c'est, pour un wagon donné, la longueur parfaitement déterminée dont la tige de traction peut reculer sous une pression capable de déterminer le serrage des sabots contre les jantes.

Pour discuter la formule précédente, nous la simplifierons en donnant de suite à $\frac{l}{l'}$ la valeur réelle de $\frac{1}{2}$, telle qu'elle résulte des longueurs adoptées pour les bras du levier u. On obtient alors :

$$P_u = P - \frac{1}{2}\left(b + \frac{ei}{2} - P\right) - c = \frac{3P - \left(b + \frac{ei}{2} + 2c\right)}{2}$$

dans laquelle nous donnerons à P des valeurs successivement croissantes.

Il est clair que tant que Pu est négatif, le ressort o n'appuie pas contre le levier de l'arbre du frein; le contact a lieu seulement lorsque P$u = o$, c'est-à-dire pour une pression aux tampons :

$$(1) \qquad P = \frac{b + \frac{ei}{2}}{3} + \frac{2}{3}c.$$

A partir de ce moment Pu va en augmentant, il subit néanmoins la contre-pression tant que dans l'équation mise sous la forme

$$P_u = P - c - \frac{1}{2}\left(b + \frac{ei}{2} - P\right),$$

le dernier terme est négatif; mais quand ce terme change de signe, il doit disparaître de la formule. En effet, les leviers u ne peuvent transmettre qu'une pression contraire

à celle que P exerce sur le ressort *o*; quand cette pression est de même sens, les leviers tendent à s'écarter du ressort *o* et comme celui-ci ne peut les suivre, maintenu qu'il est par le levier de l'arbre du frein, il y a *échappement* de l'action du ressort opposé. Cet échappement se produit donc pour la valeur

$$(2) \qquad P = b + \frac{ei}{2}.$$

A partir de ce moment, la valeur de P*u* reste constamment :

$$P_u = P - c.$$

c'est-à-dire que *la pression contre les tampons est alors intégralement transmise au levier de l'arbre du frein*, sauf déduction de la constante *c* qui dans tous les systèmes de freins représente la force nécessaire pour vaincre les résistances passives.

Pour discuter les valeurs (1) et (2) de P, nous devons remplacer les lettres par les chiffres pratiques. Or, nous avons dit déjà que $b = 500$ kilogrammes pour les fourgons à bagages et 1 000 kilogrammes pour les wagons de marchandises. On a adopté également $i = 120$ kilogrammes pour le premier cas et 200 kilogrammes pour le second. On admet que $c = 200$ kilogrammes pour les fourgons et les wagons. Il reste à déterminer la valeur de *e*. Or, celle-ci qui est fixe, lorsque l'on considère un wagon à un moment donné de son service, varie avec le degré d'usure des sabots. En effet, dans l'application présente, le levier de l'arbre du frein multiplie la pression qu'il reçoit de la chappe du ressort *o*, dans le rapport de 5 à 1. Si, au moment de la construction du wagon, on a laissé entre les sabots et les jantes des roues un jeu de 10 millimètres, la valeur de *e* sera de $0^{m}.05$. C'est la situation indiquée par le dessin; lorsque ce wagon est au repos, la distance entre la fourchette *U* et les ailettès K du verrou

est aussi de 0m.05 : on voit donc que, dans le cas de refoulement de ce wagon neuf, le frein étant désarmé, les sabots viendraient exactement s'appliquer contre les jantes sans aucune pression. Mais dès qu'une usure quelconque s'est manifestée, les sabots restent toujours pendant le désarmement du frein à une distance des jantes égale à cette usure. Or, on peut comme extrême limite, user les sabots de 20 millimètres ; au delà, le bandage lui-même aura été assez altéré pour demander un remplacement. Dans ce cas extrême, les sabots resteront, pendant le désarmement du frein, à une distance de 20 millimètres des jantes ; mais lorsque le frein sera armé, il faudra pour amener le contact des sabots aux bandages que, sous la pression des tampons, la chappe du ressort *o* et la tige de traction qui lui est solidaire fassent un mouvement :

1° de 0m.05 dû au réglage initial ;

2° de 0m.10 dû à l'usure des sabots ;

3° De 5 centimètres dû à la flexion des pièces du mécanisme (chiffre reconnu par la pratique).

Dans ce cas, le chemin parcouru *e* sera égal à 20 centimètres ; il ne peut être plus considérable en raison de l'usure des sabots. C'est pourquoi la longueur de la fourchette et le prolongement de la tige de traction ont été fixés respectivement à 15 centimètres et à 20 centimètres, ainsi que l'indique le dessin.

On peut donc, avec les éléments ci-dessus, établir le tableau suivant :

PRESSION exercée sur les tampons.	FOURGONS A BAGAGES pour trains de voyageurs.		WAGONS A MARCHANDISES.	
	$e=0^m,05$ — Sabots neufs.	$e=0^m,20$ — Fourgons dans lesquels les sabots sont usés de 20 millim.	$e=0^m,05$ — Sabots neufs.	$e=0^m,20$ — Wagons dans lesquels les sabots sont usés de 20 millim.
Pression à laquelle le frein commence à agir.	kilog. 400	kilog. 700	kilog. 635	kilog. 1.135
Pression à laquelle l'échappement se produit, c'est-à-dire au delà de laquelle la poussée totale des tampons correspondant à 0 s'exerce intégralement sur le levier de l'arbre des freins.	800	1.700	1.300	3.000

AVANTAGES DU NOUVEAU FREIN.

1° *La poussée des tampons est entièrement utilisée.* — Il suffit de jeter un coup d'œil sur ces tableaux pour se convaincre que le frein doit toujours agir : faiblement, lorsque le ralentissement en tête est peu énergique ; et avec toute la puissance que peut produire la poussée des tampons, lorsque le mécanicien, apercevant un obstacle imprévu, emploie tous les moyens à sa disposition pour arrêter le train.

2° *Le fonctionnement est assuré à la descente des fortes pentes.* — On voit en outre que le grave inconvénient des freins Guérin, ne pouvant s'armer à la descente des trains lourds de marchandises sur de fortes pentes, n'existe plus. En effet, la résistance seule de la machine descendant avec son régulateur fermé est de 600 à 700 kilogrammes. Or, c'est à une pression de 635 kilogrammes contre les tampons, sans tenir compte des résistances passives, que le butoir est en contact avec le verrou. Il a été reconnu jusqu'à présent que cette limite était suffisante pour permettre, dans tous les cas, l'armement du frein lorsque la vitesse de 20 kilomètres est atteinte. Mais en snpposant que

l'expérience fasse reconnaître qu'il n'en est pas ainsi, il suffirait d'augmenter la bande initiale du ressort opposé : et pour cela l'énergie du frein ne serait nullement diminuée, lorsque l'on produirait en tête un ralentissement suffisant.

Il faut remarquer cependant que cette condition ne suffit pas toujours. Il existe, en effet, des rampes telles que l'on ne peut les aborder à la descente en se contentant de fermer le régulateur ; il faut, dès le départ, pour ainsi dire, serrer les freins du tender et une partie de ceux du train. Les freins automoteurs ne pourraient donc pas agir, si on n'avait pris la précaution initiale de les armer tous à la main.

3° *Le frein se désarme par le ralentissement.* — Nous avons dit plus haut quelles étaient les manœuvres délicates auxquelles étaient assujettis les mécaniciens pour assurer l'enclanchement ou le déclanchement du frein Guérin. Avec le système Lefèvre et Dorré, rien de pareil n'existe plus. Qu'un frein ait fonctionné ou non, il s'arme et se désarme suivant que la vitesse de 20 kilomètres est ou n'est pas atteinte.

4° *Les réactions et secousses sont supprimées.* — Si les freins de tout un train agissent lorsque le mécanicien a produit un ralentissement suffisant, leur action se continue jusqu'à l'arrêt complet ; puis la détente du train s'opère comme si les freins n'existaient pas ; il n'en résulte aucune réaction autre que celle qui est produite naturellement par les ressorts de choc et traction.

5° *Les manœuvres en gare ne sont pas gênées.* — Une fois le train arrêté, on peut immédiatement faire les manœuvres de refoulement ; car les freins se sont tous spontanément désarmés. Si au contraire, le mécanicien a graduellement amorti la vitesse, les freins se sont désarmés d'eux-mêmes pendant la marche ralentie, et le train au moment de l'arrêt se comporte comme s'il n'entrait aucun frein automoteur dans sa composition.

6° *Le réglage des sabots est supprimé.* — Un autre avan-

tage incontestable du nouveau système est celui de la suppression presque complète du réglage des sabots. Nous avons dit plus haut à quelle sujétion entraînait ce réglage pour les freins Guérin. Les freins Lefèvre et Dorré fonctionnent jusqu'à l'extrême usure des sabots ; on a vu qu'il en résulte une variation dans l'action même des freins, mais cette variation est comprise entre des limites très-acceptables dans la pratique. Aussi peut-on dire qu'un wagon muni de nouveau frein, peut être laissé en service jusqu'à ce que, non-seulement les sabots, mais même les bandages soient assez usés pour nécessiter l'entrée du wagon aux ateliers de réparation.

7° *Possibilité de pousser les trains en queue.* — Ainsi qu'il est expliqué plus loin pages 340 et 341, les trains peuvent être poussés par l'arrière à toutes les vitesses.

8° *Les wagons munis du frein Lefèvre et Dorré peuvent être admis sur toutes les lignes.* — Il résulte de ce qui vient d'être dit, que tout wagon muni d'un frein Lefèvre et Dorré se comporte exactement comme s'il était complétement libre. Il ne peut donc y avoir aucune raison pour le proscrire dans l'exploitation d'une ligne quelconque. Ce frein pourra toujours rendre des services, en aucun cas il n'occasionnera des difficultés dans les manœuvres.

Historique des essais. — Avant de formuler les conclusions, nous croyons utile de rappeler les différents essais qui ont été faits sur le réseau de l'Est.

Dans le courant de l'année 1867, les trois fourgons, D. 205, 206 et V. 623, ont été munis de l'appareil imaginé par les inventeurs. L'un des ressorts de choc et traction, remplissait l'office de ressort de rappel du frein. Le système d'embrayage se composait d'un pendule conique, monté sur l'un des essieux ; le manchon mobile agissait directement sur les branches d'une fourche articulée, munie d'un contre-poids et d'un butoir qui venait se placer entre la traverse et une embase de la tige de traction. Dans

sa course longitudinale sur l'essieu, le manchon mobile entraînait la fourche, soulevait le contre-poids de celle-ci, et abaissait le butoir, de manière à permettre l'enfoncement de la tige, c'est-à-dire le serrage du frein.

Les essais eurent lieu dans les trains de banlieue, entre Paris et Lagny. Ils firent reconnaître que l'obliquité de la fourche par rapport à la joue du manchon était une cause d'usure sensible. Le fonctionnement du frein, la détente des ressorts après l'arrêt, l'efficacité du ressort opposé enfin la possibilité des manœuvres de recul ne donnèrent d'ailleurs lieu à aucune observation.

Pendant que les essais continuaient, les inventeurs étudièrent avec soin le moyen d'éviter l'inconvénient signalé. Ils supposèrent qu'en faisant cesser l'obliquité de la fourche par rapport au manchon, le frottement et l'usure se trouveraient presque annulés. Le manchon fut à cet effet recouvert de deux disques en acier portant deux articulations à angle droit, et formant un joint de Cardan. Les bras de la fourche s'appuyaient ainsi d'une manière constante sur la surface extérieure du grand disque, quelle que fût la position du manchon mobile. Pour éviter autant que possible la fatigue des articulations, on disposa les choses de telle manière que la position extrême du manchon, lorsque le pendule était complétement ouvert, correspondît à la situation verticale des bras de la fourche. Pendant toute la durée de la marche à une vitesse supérieure à celle d'armement, les deux disques du manchon se maintenaient ainsi dans un même plan perpendiculairement à l'axe de l'essieu, et les articulations du joint de Cardan ne devaient jouer que durant les deux périodes comprises, d'une part, entre le démarrage et l'acquisition de la vitesse d'armement, d'autre part, entre la perte de cette vitesse et l'arrêt. Le butoir était représenté par une came montée à frottement doux sur la tige de traction et commandée par la fourche; cette came présentait ses deux ailes à une fourchette en fer calée

sur la tige de traction, ou bien s'effaçait par un léger mouvement de rotation pour laisser passer les branches et la fourchette.

Après quelques tâtonnements inévitables, ce système parut donner les garanties désirables, et il fut décidé qu'on l'appliquerait à 4 fourgons D à grande vitesse et à 6 fourgons V à petite vitesse.

Le 22 février 1869, 5 fourgons à marchandises furent mis en service, 3 à des trains de Paris à la Ferté-sous-Jouarre, 1 à la gare de Paris et 1 à la gare de Pantin. Ces deux derniers, constamment attelés aux machines de manœuvres, devaient servir à prouver que le nouveau système n'apportait aucune entrave au service intérieur des gares. Sous ce rapport, la réussite de l'expérience fut complète : le refoulement des groupes de wagons se fit toujours avec la plus grande facilité. Il est vrai qu'à la gare de Paris, la vitesse d'armement du frein ne fut jamais atteinte et que le fourgon muni de l'automoteur fonctionna comme un wagon ordinaire. A la gare de Pantin, où les manœuvres se font sur une échelle plus grande, on acquit la preuve que la détente du frein s'opère aussitôt après l'arrêt et que le refoulement n'entraîne jamais un serrage intempestif.

Les trois fourgons en service sur la ligne donnaient également de bons résultats. Mais le contact permanent des bras de la fourche avec le disque du manchon, sous la pression d'un contre-poids trop lourd, produisait encore de l'usure. On essaya alors de couler du régule sur les surfaces frottantes. Ce moyen, combiné avec une diminution sensible du contre-poids et de la masse du pendule conique, produisit d'abord un assez bon effet. Malheureusement, les fourgons, dont l'appareil fut ainsi amélioré, présentaient en sortant de l'atelier un défaut important. On avait disposé les choses de telle façon que le contre-poids venait buter contre un arrêt fixe avant que les boules du régulateur se fussent complétement écartées sous l'influence de la force

centrifuge. Dès le premier voyage, on reconnut la défectuosité de cette disposition. La pression du disque contre les bras de la fourche occasionna une usure anormale. Il fallut supprimer l'arrêt, et les résultats des essais furent alors assez satisfaisants.

Le 20 mars 1869 commença l'expérience des fourgons à grande vitesse. Les fourgons D. 206 et 207 furent placés dans un train de Paris à Lagny. Dans ce premier voyage, on régla la position du contre-poids de manière à obtenir l'armement du frein à la vitesse de 14 kilomètres à l'heure. Les deux autres fourgons D. 205 et 208 commencèrent leur service, le 23 mars, dans un train de Paris à Château-Thierry.

Au bout de quelques jours, on dut suspendre les essais pour allonger les tiges des tampons, afin de rendre leur saillie, par rapport au crochet de traction, égale à celle des voitures ordinaires.

Le 31 mars, deux fourgons partent à Strasbourg par l'express n° 33 et reviennent à Paris le lendemain par l'express n° 36. Une avarie assez grave s'était produite pendant ce premier voyage à grande vitesse. Le manchon fixe du pendule conique s'était décalé en marche au fourgon D. 206; il s'était rapproché du manchon mobile et avait causé la rupture de l'appareil d'embrayage.

Après trois voyages à Strasbourg, les fourgons D. 205 et 207 durent également être réformés, par suite du desserrage des écrous de l'appareil.

La réparation de ces avaries ne permit de reprendre les essais que le 2 avril. Mais ils durent être suspendus de nouveau pour consolider les articulations des joints de Cardan. Il fallut remplacer par une rivure le taraudage servant à les maintenir et augmenter leur section.

Le 21 avril, reprise des essais qui, suspendus du 1er au 18 mai, continuent sans nouvelle interruption jusqu'au 30 juin.

Deux voitures de troisième classe C. 165 et 166, munies du système de freins automoteurs, furent mises en service le 20 avril.

Dernière transformation. — Pendant que ces essais se poursuivaient sans nouveaux incidents, les inventeurs étudiaient un système d'embrayage qui pût faire disparaître l'usure provenant du frottement constant de la fourche sur le disque du joint de Cardan. Ils imaginèrent à cet effet l'appareil dans lequel l'action du contre-poids est remplacée par celle de deux ressorts à boudin qui se compriment par l'influence de la force centrifuge, se détendent lorsque cette force cesse d'agir, et retiennent ainsi les boules du régulateur sur l'essieu, tant que la vitesse d'armement n'est pas atteinte. Dans ce nouveau système, le joint de Cardan est supprimé, et avec lui toutes les chances d'usure des articulations des deux disques. Les bras de la fourchette restent constamment verticaux, au moyen du parallélogramme de Watt. Ces bras ne sont plus rigides jusqu'à la douille montée à frottement doux sur la tige de traction; ils sont articulés vers le milieu de leur longueur, et les choses sont disposées de telle sorte que les deux bouts de chaque bras sont dans le prolongement l'un de l'autre, dans un même plan vertical, lorsque le manchon mobile s'est avancé sur l'essieu d'une longueur correspondante à la vitesse d'armement du frein. Un crochet *z* (voir Pl. V) limite l'abaissement du parallélogramme. A partir de ce moment et jusqu'à l'ouverture complète du régulateur ou pendule conique, le manchon s'éloigne de la fourche et le contact se trouve ainsi supprimé pendant toute la durée de la marche à une vitesse supérieure à celle d'armement. Le parallélogramme se trouve alors *arrêté* et la came-butoir est effacée de manière à permettre le fonctionnement du frein. Si la vitesse vient à décroître et à descendre au-dessous de celle pour laquelle l'appareil est réglé, le pendule se referme par l'effet de la détente des

ressorts à boudin, la joue du manchon revient toucher la fourche et finalement l'entraîne en désarmant le frein.

Les avantages de ce nouveau système furent bientôt reconnus. La principale objection faite à l'appareil précédent et tirée du frottement continu pendant la marche, se trouvait ainsi détruite par une solution à la fois simple et efficace. Toutefois avant de modifier les appareils des fourgons en expérimentation, on décida de se rendre compte de la valeur d'une autre objection, celle qui est relative au fonctionnement des freins automoteurs placés dans un train gravissant une rampe avec machine en tête et machine en queue. Des expériences eurent lieu les 6, 8 et 9 juillet, entre Épernay et Reims, où la voie présente des déclivités de 9 millimètres 1/4 par mètre. Les résultats de ces essais démontrèrent que l'emploi des automoteurs n'est pas incompatible dans ces conditions spéciales avec l'emploi d'une machine en queue du train. Bien que quelques freins se fussent armés intempestivement sous l'influence des variations provoquées à dessein dans le tirage de la machine de tête et la poussée de la machine de queue, la marche du train ne fut pas sensiblement entravée. Néanmoins le serrage du frein d'un wagon, tantôt poussé, tantôt tiré, à une vitesse supérieure à celle d'armement, était un inconvénient grave; on reconnut qu'il fallait l'attribuer principalement au système d'embrayage à joint de Cardan, dans lequel la force centrifuge agissant constamment sur la fourche, faisait tourner la came malgré la pression du butoir, et il fut décidé que cet appareil serait remplacé par le système nouveau à parallélogramme.

Le 17 septembre 1869, les 10 fourgons à freins et les deux voitures de troisième classe, ayant subi le changement de l'appareil d'embrayage, furent remis en service. Depuis cette époque jusqu'au 14 décembre, c'est-à-dire pendant une période de trois mois environ, leur fonctionnement n'a pas laissé à désirer. Une expérience a eu lieu,

le 27 octobre, entre Épernay et Reims, dans les mêmes conditions que celles du mois de juillet, c'est-à-dire avec un train remorqué par une machine en tête et poussé par une autre machine en queue. Ce convoi comptait 33 wagons pesant ensemble 283 tonnes et comprenant 4 fourgons à freins automoteurs placés en queue, mais séparés l'un de l'autre par un wagon ordinaire. Les trois derniers de ces freins n'ont pas fonctionné, quoique la vitesse de marche ait atteint 24 kilomètres à l'heure. Dans le quatrième, le plus rapproché du centre du convoi, on a constaté quelques recouvrements du butoir par la fourchette, mais sans que ces recouvrements atteignissent assez d'importance pour appliquer les sabots sur les roues. La vitesse d'armement a donc été dépassée dans cette expérience, et aucun des 4 freins automoteurs n'est entré en jeu.

De nouvelles expériences ont eu lieu, les 2 et 5 novembre, avec un train de ballastage gravissant une rampe avec une machine en queue seulement. Elles ont également donné des résultats satisfaisants. A la vitesse de 30 kilomètres à l'heure, le régulateur de la machine a été fermé subitement, puis rouvert sans qu'aucun frein agît.

Les diagrammes des expériences des 27 octobre, 2 et 5 novembre 1869 sont consignées à la Pl. V, *fig*. 9, 10, 11 et 12.

On peut ainsi admettre comme parfaitement établie la possibilité de pousser un train comprenant des freins automoteurs du système Lefèvre et Dorré.

Résumé et conclusions. — Au 14 décembre 1869, le parcours total des fourgons munis de freins à l'essai atteignait 83.000 kilomètres pour chaque D. et 24.000 pour chaque V.

L'usure des sabots a été de 1 à 2 kilogrammes dans les fourgons à petite vitesse et de 2 à 3 kilogrammes dans les fourgons à grande vitesse; d'où l'on peut conclure qu'ils ont agi efficacement.

Un ressort à boudin du nouveau système d'embrayage a été démonté. Sa longueur n'a pas diminué, malgré son long travail.

La distance ménagée entre le verrou et le butoir a varié de 0,01 à 0,02, par suite d'une perte correspondante de flèche du ressort du frein. Ce ressort est d'ailleurs le même que ceux employés dans la construction des wagons.

Les roues des fourgons à grande vitesse ont été remplacées deux fois pendant la durée des essais. Dans les fourgons de la même série, munis de freins ordinaires, le remplacement des roues devient nécessaire après un parcours moyen de 40.000 kilomètres.

En conclusion du rapport ci-dessus, la sous-commission est d'avis que :

1° Les freins automoteurs agissant par la compression du train reposent sur un principe excellent et ont une utilité incontestable dans l'exploitation des chemins de fer.

2° Les appareils proposés par MM. Lefèvre et Dorré présentent une amélioration notable sur les freins Guérin et autres de ce genre.

3° Il convient de continuer sur une grande échelle les expériences pratiques que la compagnie de l'Est a entreprises, qu'elle déclare vouloir poursuivre et dont elle fera connaître les résultats à la commission. — Il y a lieu de publier dès à présent le rapport ci dessus et de le communiquer aux compagnies de chemins de fer.

Les conclusions qui précèdent ont été adoptées par la commission et approuvées par une décision ministérielle du 12 mars 1870 qui a prescrit la publication du rapport dans les *Annales des ponts et chaussées et des mines.*

LÉGENDE.

Pl. V, *fig.* 6, 7 et 8. Plan, coupe et élévation d'un fourgon à marchandises de l'Est, muni du frein à vis et du frein automoteur Lefèvre et Dorré.

1° Appareil d'armement.

a. Collier mobile en fonte porté par l'un des essieux.
bb. Bielles des boulets entourées d'un ressort en spirale.
dd. Tirants emprisonnant les ressorts en spirale.
cc. Bras des boulets prolongés pour recevoir l'articulation des tirants.
e. Collier fixe serré sur l'essieu sans l'entamer et portant l'articulation des bras des boulets.
f. Fourche suspendue au parallélogramme qui la maintient constamment verticale.
gh. Parallélogramme suspendu.
z. Crochet limitant pendant la marche l'abaissement du parallélogramme, afin d'isoler la fourche du manchon.
j. Douille creuse emmanchée à frottement doux sur la tige de traction. L'une de ses extrémités s'appuie contre une traverse du châssis, l'autre extrémité porte la pièce *g* et le verrou *k* solidement assujettis.
k. Verrou en fonte fixé sur la douille.
l. Butoir claveté sur la tige de traction.
m. Taquet maintenant la douille appuyée contre la traverse.

2° Appareil de serrage.

n. Tige de traction mobile.
o. Ressort de choc et de traction mobile.
q. Levier de serrage soudé sur l'arbre du frein.

L'arbre du frein porte le levier de serrage, les quatre petits leviers des sabots, et le levier du frein à main.

rrrr. Bielles de poussée des sabots articulées aux petits leviers.
ssss. Sabots en fonte suspendus au châssis.
y. Tringle de serrage du frein à main articulée à son levier au moyen d'une coulisse.

3° Appareil de résistance et de rappel.

p. Ressort fixe opposé au frein.
tt. Bielles horizontales commandées par les bras du ressort de choc et de traction opposé au frein.

uu. Leviers horizontaux articulés aux bielles, pivotant autour d'un point fixe du châssis, et appuyés sur la dernière feuille du ressort mobile.

Pl. V, *fig.* 9, 10, 11 et 12. Tableaux graphiques de quatre des expériences de montée de rampe :

1° Avec machine en tête et machine en queue (*fig.* 9);

2° Avec machine en queue (*fig.* 10, 11 et 12.

Machines du Creuzot. Type n° 23, 115 mètres quarrés de surface de chauffe.

Les abscisses représentent les temps.

Les ordonnées représentent :

Pour les machines, les crans de distribution;

Pour les véhicules à frein, les distances du verrou au butoir.

LIGNES CONVENTIONNELLES.

═════		Courbe des crans de distribution. Le numéro des crans est indiqué par des chiffres.
─────		Courbe des distances du verrou ou du butoir.
- - - - - -		Emplacement des véhicules non munis de freins.
- - - - - -	Pour chaque frein	Ligne du contact entre le verrou et le butoir.
—·—·—	Pour chaque frein	Ligne de l'équilibre des attelages.
-··-··-	Pour chaque frein	Ligne du contact des sabots et des roues.

Les parties hachées représentent la période de tirage des véhicules à frein.

ANNEXE.

COMPOSITION DES TRAINS DE LA PL. V.

Fig. 9. — *Montée de la rampe d'Aï à Germaine* (11 *kilom.*), $9^{mn},25$.

		tonnes.
A.	Machine de tête à 8 atmosphères de pression	33
B.	26 véhicules sans frein	193
C.	1 frein automoteur	15
D.	1 véhicule sans frein	6
E.	1 frein automoteur	15
F.	1 véhicule sans frein	9
G.	1 frein automoteur	15
H.	1 véhicule sans frein	9
I.	1 frein automoteur	15
K.	Machine de queue à 8 atmosphères de pression	33
	Poids total du train	349
	Poids remorqué en 33 véhicules	283

Fig. 10, 11, 12. — *Montée de la rampe de Chelles* (5 *kilom.*), 3mm,5.

A. 20 véhicules sans frein à ballast	160
B. 1 frein automoteur	5
C. 1 frein automoteur	5
D. Machine de queue à 8 atmosphères de pression	33
Poids total du train	203
Poids remorqué en 22 véhicules	170

PRIX DE REVIENT APPROXIMATIF.

Application au frein à vis ordinaire.

	francs.
Fer. Appareil de serrage	22,75
— Levier régulateur	6,75
— Appareil d'embrayage	52,50
— Appareil de rappel	44,40
Fonte. Pièces diverses	10,00
Acier. Deux ressorts en spirale	2,00
Bois. Deux pièces	7,00
Application et pose	6,00
Total	151,40

Somme à laquelle il faut ajouter, s'il y a lieu, la plus-value de la construction de l'arbre du frein.

NOTE

SUR LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES ACIERS PHOSPHORÉS.

Par M. L. GRUNER,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.

Dans le mémoire sur le procédé Heaton, publié en 1869, j'ai cherché à montrer :

1° Qu'en affinant au nitre des fontes phosphoreuses, peu chargées en silicium, on éliminait la majeure partie du phosphore, mais que néanmoins l'acier produit en retenait encore deux à trois millièmes, dès que la proportion de nitre se trouvait au-dessous de 13 à 15 p. 100 du poids de la fonte ;

2° Que ces deux à trois millièmes de phosphore rendaient le produit plus ou moins *aigre* ;

3° Que le phosphore paraissait pourtant accroître, jusqu'à un certain point, la *résistance à la rupture*, essayée par voie de traction lente et graduée.

Enfin, 4° que les aciers phosphorés, comme M. le Dr Wedding l'avait reconnu déjà à Königshütte, pouvaient facilement se travailler à chaud, dès que la proportion de phosphore n'était pas supérieure à 0,005.

Depuis lors, il y a peu de mois, M. W. Fairbairn de Manchester vient de publier une série d'expériences sur la ténacité des aciers *Heaton*, faisant suite à un travail plus étendu, publié en 1868, sur les *propriétés mécaniques* de l'acier. Le premier mémoire a paru dans les comptes rendus de la trente-septième réunion de l'Association britannique pour l'avancement de la science, tenue à Dundee en septembre 1867, tandis que le second fut lu à Exeter,

dans la trente-neuvième session, au mois d'août dernier, puis immédiatement inséré dans l'*Engineer*, du 27 août.

Dans les deux séries d'expériences, M. Fairbairn a soumis les aciers aux mêmes épreuves. Les barres étaient d'abord essayées par *flexion*; elles avaient en général un pouce anglais de côté et uniformément $4^p,6^{po}$ de longueur entre les appuis. La pression s'exerçait verticalement sur le milieu de la barre; on augmentait la charge de 50 livres à la fois et notait la flèche, après chaque nouvelle charge, d'abord jusqu'à la limite de l'élasticité, puis jusqu'à la rupture, ou jusqu'à la complète flexion permanente.

Un fragment de la même barre, de 8 pouces anglais de longueur, était ensuite soumis à l'essai par *traction*, afin de fixer la charge de rupture, l'allongement total et la contraction dans la section de rupture.

Un autre fragment, préparé au tour, de 1 pouce de hauteur sur $0^{po},72$ de diamètre, était enfin *comprimé* sous la pression croissante de 40 à 100 tonnes par pouce carré de section.

En sus des résultats, directement fournis par les expériences, M. Fairbairn a d'ailleurs déterminé pour chaque acier, en se servant des formules connues, le coefficient moyen d'élasticité, la tension de la fibre la plus fatiguée à la limite de l'élasticité, la résistance vive élastique, c'est-à-dire, le travail réalisé par la barre lors de sa flexion jusqu'à cette même limite; enfin la résistance vive de rupture, c'est-à-dire le travail fourni par la traction jusqu'au déchirement de la barre.

Or voici les conclusions auxquelles M. Fairbairn est arrivé, en comparant les aciers Heaton aux aciers fondus les plus variés des principaux fabricants de Sheffield. Je traduis textuellement les conclusions du deuxième mémoire :

« Les six barres préparées par le procédé *Heaton* montrent, dans leur résistance à la flexion transversale, une supériorité très-marquée sur tous les aciers précédemment essayés. Ainsi, par exemple, la *tension maximum*

« *à la limite d'élasticité* est de 44ᵗ,964 par pouce carré « (70ᵏ,820 par millimètre carré), tandis que la valeur « moyenne des autres barres est de 34ᵗ,476 seulement « (54ᵏ,265 par millimètre carré), ce qui établit une supé- « riorité relative exprimée par le rapport 1,3 à 1.

« La *résistance vive élastique*, rapportée au pouce carré « de section, est mesurée par 90$^{liv.p}$,970 pour les barres « Heaton, et par 51$^{liv.p}$,696 seulement lorsqu'on considère « la moyenne générale de toutes les autres barres ; ce qui « montre clairement, ajoute M. Fairbairn, que cet acier « Heaton est spécialement propre à résister à la fatigue « produite par le choc (*force of impact*). La *résistance vive* « *élastique* de l'acier Heaton est en effet, comme on vient « de le voir, une et trois quarts fois plus considérable que « celle de la moyenne des autres aciers.

« La flexibilité de cet acier est, par contre, un peu plus « faible que celle des aciers ordinaires, et le coefficient « d'élasticité est également un peu faible, quoique cepen- « dant très-peu au-dessous du chiffre de la moyenne gé- « nérale (*). En tous cas, puisque cet acier manifeste à la « fois une forte tension et une grande résistance vive, j'es- « time, dit M. Fairbairn, qu'il est très-propre à supporter « de puissants efforts transversaux.

« La charge moyenne de rupture des six barres Heaton « est de 45ᵗ,32 par pouce quarré (71ᵏ,380 par millimètre « quarré) tandis que la moyenne de toutes les autres barres « est de 41ᵗ,77 (65ᵏ,746) par millimètre quarré. L'acier « Heaton, quoique un peu inférieur sous ce rapport aux « aciers fondus *spéciaux* de certains fabricants, est cepen- « dant, d'après cela, plus tenace que la moyenne générale. « L'allongement, dû à la *traction*, est d'ailleurs notable-

(*) Le coefficient moyen de ces barres est de 2.010.000 kilogrammes par centimètre carré, tandis que les coefficients *les plus élevés* des aciers de Sheffield oscillent entre 2.000.000 et 2.300.000 kilogrammes.

« ment supérieur à celui de la moyenne des autres barres ;
« il en résulte donc aussi un chiffre élevé pour la *résistance*
« *vive de rupture*.

« Enfin, tous les échantillons ont supporté, sans la « moindre apparence de gerçures, la pression maximum de « 100^{t},7 par pouce quarré (158^{k},6 par millimètre quarré). « Ils offrent ainsi également une grande résistance à la « *compression*.

« En résumé, dit M. Fairbairn, il résulte de l'ensemble « des expériences que l'acier fabriqué par M. Heaton peut « être comparé avec avantage aux aciers des autres fabri- « cants ; et, si l'on considère que cet acier provient, pour « les deux tiers, de fonte *phosphoreuse* du Northampthon- « shire, on peut certainement envisager ce mode de fabri- « cation comme un perfectionnement considérable du tra- « vail de l'acier au point de vue de son prix de revient et « de l'importance de sa production. »

Ces conclusions, comparées aux résultats fournis par les fontes de la Moselle, me surprirent au plus haut degré. Il importait de savoir si l'épuration sous le rapport du phosphore avait réellement été complète, ou d'expliquer, dans le cas contraire, comment l'acier Heaton, essayé par M. Fairbairn, pouvait posséder les qualités *supérieures*, que je viens de résumer, malgré la présence d'un reste de phosphore. Cela était d'autant plus urgent que, jusqu'à présent, à tort ou à raison, on a toujours considéré le phosphore comme éminemment contraire aux bonnes qualités de l'acier.

Je priai donc M. Fairbairn de m'adresser des fragments de l'acier Heaton dont je viens de parler. Le savant ingénieur eut, en effet, la bonté de m'envoyer un morceau de chacune des six barres soumises aux épreuves ci-dessus résumées, épreuves dont le détail se trouve dans les tableaux ci-joints, en même temps que les résultats fournis par les aciers de Sheffield, précédemment essayés.

Je reçus aussi un échantillon de la fonte de Stanton

(Northamptonshire), avec laquelle M. Heaton avait préparé, à l'usine de Langley-Mill, les six barres d'acier qui avaient été remises à M. Fairbairn.

Le procédé de fabrication ne diffère en rien de celui que j'ai fait connaître dans mon mémoire sur le procédé Heaton; je me bornerai donc ici à donner la composition du lit de fusion des hauts-fourneaux de Stanton, l'analyse de la fonte et les proportions de nitre dont on s'est servi, dans le convertisseur Heaton, pour l'affinage de la fonte.

Le lit de fusion comprenait les minerais suivants :

Minerai oolithique du Northamptonshire.	68,76
Minerai hydroxydé du North-Staffordshire.	9,01
Minerai houiller des environs de Stanton.	16,13
Scories des fours de réchauffage.	6,10
Total.	100,00

Les trois minerais, mais surtout le premier, sont notablement phosphoreux.

La fonte d'affinage, produite avec ce mélange et transformée en acier par le procédé Heaton, appartient au n° 4 de l'échelle anglaise. C'est une fonte peu graphiteuse, d'un gris clair, qui m'a donné :

Silicium.	0,0210
Phosphore.	0,0106
Soufre.	0,0019

On n'a pas recherché les autres éléments (*).

La fonte a été affinée, dans le *convertor*, avec 12,4 p. 100 de nitrate de soude du Pérou et 1,2 p. 100 de sable quart-

(*) La fonte et les aciers ont été analysés par la méthode que j'ai fait connaître dans mes études sur le procédé Heaton. Dans les aciers, le carbone et le soufre ont été déterminés par le procédé Eggertz. Quant au soufre de la fonte, on a attaqué 5 grammes de métal en limaille fine par 10 grammes de chlorate de potasse dissous dans 200 centimètres cubes d'eau. A la dissolution bouillante on a ajouté peu à peu de l'acide chlorhydrique de 1,12 de densité. L'attaque est rapide; après quoi on évapore à sec, reprend par de l'eau acidulée, filtre et précipite par le sel de baryte.

neux ordinaire. Le métal ainsi épuré, fut partiellement transformé en fer doux, par voie de puddlage rapide, et l'acier fondu a été préparé au creuset, en mêlant à

41. Liv. de fonte affinée,
7. Liv. de fer doux, provenant du travail dont je viens de parler,
et 2 onces d'oxyde de manganèse.

Or les six morceaux d'acier, qui m'ont été envoyés par M. Fairbairn, renferment, d'après mes analyses, les éléments suivants :

NUMÉROS des barres.	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.
Carbone...	0,0049	0,0057	0,0052	0,0054	0,0054	0,0047
Silicium. .	0,0010	0,0012	0,0016	0,0010	0,0012	0,0009
Phosphore.	0,0030	0,0023	0,0024	0,0024	0,0028	0,0023
Soufre. . .	pas de trace.	au plus. 0,0001	au plus. 0,0001	au plus. 0,0001	traces imperceptibles.	pas de trace.

On voit que les six échantillons se ressemblent beaucoup, ce qui s'accorde avec leur origine commune. Ce sont des aciers mi-durs, renfermant 0,005 à 0,006 de carbone, 0,0023 à 0^{m},0030 de phosphore et 0,0009 à 0,0016 de silicium.

Ce dernier élément n'a rien d'exceptionnel, mais on voit que le nitrate de soude n'a éliminé de la fonte que les trois quarts du phosphore contenu, ce qui provient au reste, comme il est facile de le prouver, de l'insuffisance du nitre eu égard aux éléments à oxyder. Outre les éléments ci-dessus mentionnés, le nitre oxyde en effet un peu de fer, la majeure partie du manganèse et des métaux terreux, et la moitié au moins du carbone de la fonte que l'on peut estimer à environ 3 p. 100. D'après cela, en dehors de l'ensemble des métaux, il faut, par 100 kilogrammes de fonte,

	kilog.		kilog.	
Pour	2,10	de silicium.	2,27	d'oxygène.
	[illegible]	de phosphore.	4,33	—
	0,10	de soufre.	[illegible]	—
	1,50	de carbone.	2,00	—
		Soit un total de.	[illegible]	—

Or j'ai montré, dans mon mémoire sur le procédé Heaton, que le nitrate de soude du Pérou ne fournit au contact de la fonte que 44 p. 100 d'oxygène, en sorte que pour oxyder complétement les quatre éléments ci-dessus mentionnés, il eût fallu employer au moins $13^k,16$ de nitre, au lieu des $12^k,4$ dont on s'est servi. Il suit donc de là, d'accord avec les conclusions de mon premier mémoire, que l'incomplète épuration, que je constate une fois de plus dans l'affinage Heaton, doit être attribuée à l'insuffisance habituelle de la proportion de nitre et non au procédé lui-même.

En tout cas, il résulte des analyses ci-dessus rapportées que l'acier Heaton de Langley-Mill, reconnu supérieur par M. Fairbairn, est presque aussi phosphoreux que l'acier de la Moselle dont il est question dans le mémoire précité. Faut-il donc attribuer cette supériorité aux deux à trois millièmes de phosphore que renferme l'acier, ou bien les simples épreuves par traction, flexion et compression ne seraient-elles pas suffisantes pour apprécier les qualités mécaniques d'un métal ? En fait, je crois pouvoir démontrer, par les expériences mêmes de M. Fairbairn, en comparant surtout les essais par traction aux essais par flexion, que la prétendue supériorité de l'acier phosphoreux n'existe pas, qu'il manque de *corps* et ne supporterait pas, sans se rompre, les effets vibratoires dus au choc, et qu'au fond, on ne devrait jamais omettre les épreuves par le choc.

Consultons, en effet, les tableaux ci-joints, extraits des deux mémoires de M. Fairbairn, mais présentés, à quelques égards, sous une autre forme. Les deux premières colonnes du tableau n° 1 font connaître l'origine et les numéros des barres essayées; la troisième, la tension maximum à la limite d'élasticité; la quatrième, la charge de rupture rapportée à la section primitive (les éléments de ces deux colonnes étant calculés à la fois en tonnes par pouce carré anglais et en kilogrammes par millimètre quarré) ; la cinquième, la contraction de la barre dans la section de

rupture. Cette colonne ne figure pas dans les tableaux de M. Fairbairn, mais on a pu en calculer les éléments d'après les détails des expériences. Les colonnes 6 et 7 donnent les allongements des barres, suivant le sens des fibres, en fractions de la longueur initiale; à savoir, la colonne 6, l'allongement maximum *sous charge* avant la rupture, et la colonne 7, l'allongement *permanent* dû à la rupture; la huitième, quelques renseignements sur l'origine, la nature et les usages des divers aciers.

Le second tableau renferme surtout les résultats obtenus par voie de compression et de flexion transversale. Les deux premières colonnes sont pareilles à celle du tableau précédent; la troisième indique la réduction produite sur la hauteur par une charge de 100^t,7 par pouce quarré anglais (158^k,6 par millimètre quarré), la hauteur primitive de la pièce étant uniformément d'un pouce anglais dans toutes les expériences. La quatrième colonne donne les flèches des diverses barres à la limite d'élasticité. Pour les rendre comparables, je les ai ramenées toutes par le calcul à une épaisseur uniforme d'un pouce anglais dans le sens de la charge. Sachant d'ailleurs que le travail de deux barres quarrées, *soumises à la même tension élastique*, est proportionnel au produit ld^2 (la longueur de la barre par sa section), j'en ai déduit aussi les flèches que prendraient, à la limite d'élasticité, des barres mesurant 1 mètre de longueur sur 0^m,01 de côté. Les flèches, ainsi ramenées à des barres rigoureusement identiques, donnent la mesure de leur *élasticité* ou de leur *rigidité*. Un acier est d'autant plus rigide que la flèche élastique est plus grande.

La cinquième colonne comprend les *résistances vives élastiques* des barres essayées; elles sont calculées en pieds-livres anglais pour des barres quarrées de 1 pouce sur 4^p,6^{po} de longueur, et en kilogrammètres pour des barres quarrées de 0^m,01 sur 1 mètre de longueur.

La sixième colonne donne le *coefficient d'élasticité* en livres

anglaises par pouce quarré de section, et en kilogrammes par centimètre quarré.

Enfin la septième colonne reproduit les détails sur la nature et les usages des aciers.

Si maintenant l'on compare entre eux les chiffres fournis par ces tableaux, on reconnaît d'abord que les nombres de la quatrième colonne du premier tableau devraient toujours être supérieurs aux nombres correspondants de la troisième colonne, puisque ceux-ci représentent les tensions maxima à la limite d'élasticité tandis que ceux-là donnent les charges de rupture. Mais il est certain que ces valeurs différeront d'autant moins l'une de l'autre que les aciers seront plus rigides et plus élastiques; et si, dans quelques cas rares, la flexion transversale donne, pour la tension maximum élastique, une valeur supérieure à la charge de rupture, c'est qu'une légère secousse, lors de l'essai par traction, a dû suffire pour amener des vibrations et produire la rupture avant la tension maximum élastique, que la barre eût certainement supportée, s'il y avait eu absence d'ébranlement moléculaire. C'est une preuve de *l'aigreur* du métal; il a *peu de corps*. D'autre part, les aciers, soumis aux essais par traction, s'allongent et se contractent d'autant moins, avant de céder, qu'ils sont plus rigides et plus durs; de plus, lorsque les aciers sont homogènes et tenaces, la contraction dans la section de rupture sera toujours plus ou moins proportionnelle à l'allongement général; si donc cette proportionnalité n'existe pas, et si la rupture s'opère *sans contraction*, malgré un certain allongement général, c'est que là encore un léger ébranlement a dû amener la rupture; il y a *aigreur* ou *manque de corps*.

Eh bien! lorsqu'on parcourt le tableau ci-joint des premières expériences de M. Fairbairn, on voit que sur 45 barres d'origines diverses, trois seulement présentent cette anomalie d'une tension élastique plus ou moins supérieure à la charge de rupture; ce sont les numéros 1, 37 et

39 (*) appartenant à la classe des aciers extra-durs pour outils de tours. On trouve dans le cas

			ton.		ton.
du n° 1,	pour la tension élastique	maximum,	37,96	et pour la charge de rupture,	30,53
n° 37,	—	—	39,75	—	39,08
n° 39,	—	—	38,02	—	35,02

Et l'extrême dureté de ces trois barres ressort précisément de la faible contraction et du faible allongement produit par la traction.

Le tableau donne :

Pour le n° 1.	Contraction.	0,00	Allongement maximum sous charge. . .	0,006
			Allongement permanent dû à la rupture.	0,0025
Pour le n° 37.	—	0,02	Allongement maximum sous charge. . .	0,0106
			Allongement permanent dû à la rupture.	0,0106
Pour le n° 39.	—	0,01	Allongement maximum sous charge. . .	0,0020
			Allongement permanent dû à la rupture.	0,0012

tandis que, pour des aciers doux, on trouve des contractions de plus de 0,50, des allongements sous charge de 0,10 à 0,15 et des allongements permanents, au moment de la rupture, de 0,15 à 0,20.

En tous cas, en parcourant le premier tableau, on constate, quant aux aciers de la première série, qu'il y a sensible accord entre les allongements et la contraction, et que, même pour les numéros 1, 37 et 39, il n'y a pas sous ce rapport désaccord bien prononcé. L'aigreur des trois barres en question tient naturellement à leur extrême *dureté*.

Il n'en est plus de même lorsqu'on examine les résultats fournis par les six barres Heaton. Ces aciers ne sont pas durs; ils se liment facilement; ils renferment moins de 0,006 de carbone; l'allongement sous charge varie de 0,031 à 0,104; la compression est forte, elle atteint 0,247 à 0,333. D'autre part, sur les six barres, l'une (le n° 3) s'est con-

(*) Le n° 9 présente, il est vrai, la même anomalie, mais ce n'est pas de l'acier fondu, c'est de l'acier *puddlé* doux, peu homogène, de qualité inférieure, qui a dû se rompre en un point relativement faible ou *pailleux*.

tractée au point de rupture de o,3o ; une autre (le n° 6) de o,43 ; et, malgré cela, sur ces six barres, deux se sont rompues, à la traction, avant d'atteindre le maximum de tension élastique, et quatre se sont brisées sans la moindre contraction. On trouve en effet

ton. ton.
Pour le n° 2 une tension maximum de 47,27 contre une charge de rupture de 41,75
n° 4 — 48,56 — — 46,82

et pour le
n° 1 une contraction de 0 pour un allongement maximum sous charge de 0,039
n° 2 — 0 — — 0,031
n° 4 — 0 — — 0,036
n° 5 — 0 — — 0,094

En outre, même pour les quatre barres dont la charge de rupture est supérieure à la tension élastique maximum, les écarts sont faibles. En prenant les moyennes des six barres, on trouve pour la tension élastique maximum $44^{t}.96$ et pour la charge de rupture le chiffre peu supérieur de $45^{t}.32$; ou, en kilogrammes, par millimètre quarré, les nombres $70^{k}.82$ et $71^{k}.38$ Il y a donc là anomalie évidente qui indique, ou un défaut d'homogénéité, ou plutôt, comme les aciers fondus sont habituellement homogènes, un manque *de corps*, une certaine *aigreur*, malgré la *faible* dureté du métal.

Une autre particularité de ces aciers phosphorés est d'être spécialement *rigides* et *élastiques*. Ils prennent, sous la pression transversale, une flèche considérable, avant d'arriver à la flexion permanente. Le tableau montre que les flèches des six barres Heaton sont toutes comprises entre les extrêmes $1^{po}.61$ et $1^{po}.88$ avec une moyenne de $1^{po}.777$ tandis que les autres aciers oscillent pour la plupart entre $1^{po}.20$ à $1^{po}.40$. Une seule, le n° 11, dépasse la moyenne des barres Heaton et trois barres seulement, sur les 45, $1^{po}.60$.

Cette forte flexion élastique hausse, par cela même, la valeur de la résistance vive. La moyenne des six barres Heaton est de $90^{p.\,liv.}$,970, et celle de trois barres dépasse même 100 pieds-livres, tandis que le chiffre le plus élevé

des 45 autres barres (le n° 18) est de 94^p.^liv.485 et la moyenne générale de 51^p.^liv.696 seulement.

La résistance vive de l'acier Heaton, déterminée par voie de flexion transversale, est par suite de beaucoup supérieure à celle des autres aciers, et c'est là ce qui a amené M. Fairbairn à dire que ce métal est spécialement propre à *résister à de puissants efforts transversaux.* Mais il est évident, d'après ce qui précède, que la résistance vive, donnée par le demi-produit de la flèche par la charge, ne représente en réalité que le travail de la barre soumise à une charge *graduellement croissante* et nullement sa résistance aux effets vibratoires d'un choc. Il suit de là qu'un acier *rigide*, comme celui de M. Heaton, peut très-bien résister à une forte pression transversale, tout en manquant de corps et en se brisant sous l'action brusque d'un choc.

L'épreuve par simple pression transversale ne suffit donc pas pour juger les aciers au point de vue de *l'aigreur* du métal ; et si néanmoins, dans le cas présent, j'ai pu parvenir à constater le *manque de corps* des aciers Heaton, en comparant, avec quelque attention, les résultats des essais par flexion aux résultats des épreuves par traction, il n'en est pas moins vrai que ce simple rapprochement pourrait bien ne pas toujours suffire, et que des épreuves directes par le choc, ainsi que cela se pratique pour les rails, à la demande des compagnies de chemins de fer, sont indispensables pour constater le plus ou moins *d'aigreur* ou *de corps* des métaux.

Les tableaux ci-joints permettent aussi de comparer les aciers Bessemer anglais aux aciers fondus ordinaires. On peut constater d'abord que, sur les quinze barres d'acier Bessemer essayées, treize sont de l'acier éminemment doux, ou plutôt, en réalité, du fer fondu très-peu carburé, dit fer *homogène.* Deux barres seulement sont du véritable acier, et cet acier même est simplement *mi-dur*, ce sont le n° 28

de la première série et le n° 7 de la seconde série. Ces deux aciers sont tenaces et rigides : la tension élastique maximum est de 65 kilogrammes par millimètre quarré pour les deux barres, et les charges de rupture atteignent 72 et 66 kilogrammes. Les allongements sous charge sont respectivement 0,019 et 0,041. Ces divers nombres rentrent sensiblement dans les moyennes ordinaires.

Il n'en est plus de même lorsqu'on compare les aciers Bessemer *doux* aux aciers extra-doux préparés au creuset. La tension maximum élastique des aciers Bessemer de Barrow ne dépasse pas 40 kilogrammes par millimètre quarré et descend parfois jusqu'à 30 kilogrammes, tandis que celle des aciers doux ordinaires est rarement inférieure à 50 kilogrammes. De même les charges de rupture des aciers Bessemer de l'usine de Barrow sont en général voisines de 50 kilogrammes, tandis que celles des aciers doux fondus au creuset sont le plus souvent supérieures à 60 kilogrammes.

Mais ce qui caractérise spécialement le métal Bessemer de l'usine de Barrow, c'est la faible rigidité des barres et leur faible résistance vive élastique. Sous ce double rapport les tableaux montrent des propriétés directement inverses de celles des barres Heaton. Les flèches sont moitié et la résistance vive le tiers, et parfois le quart, des chiffres correspondants de l'acier Heaton.

Enfin, malgré l'extrême mollesse du métal Bessemer, qui ressort clairement de la forte compression, toujours supérieure à 0,40 sous la charge de 100 tonnes par pouce quarré, on constate partout des inégalités dans l'allongement et la contraction des barres, inégalités qui dénotent un certain *manque de corps*. Ainsi le n° 13 de la deuxième série se rompt *sans* contraction malgré un allongement permanent avant la rupture de 0,087. Les n°ˢ 8 et 15 ne se contractent que de 0,10 et 0,22, malgré des allongements de 0,086 et de 0,094 ; tandis que les barres n°ˢ 9,

10, 11, 12 et 14 se contractent de 0,40 à 0,48, pour des allongements qui varient de 0,030 à 0,176. On voit donc, en définitive, que le métal Bessemer, obtenu avec les fontes au coke des hématites rouges du Cumberland, est tout à la fois moins tenace et plus aigre que l'acier fondu doux obtenu au creuset par les procédés ordinaires.

En résumé donc, on peut conclure de ce qui précède :

1° Que le *phosphore*, dans la proportion de 0,002 à 0,003, rend les aciers *rigides et élastiques;* il accroît leur *tension élastique* et leur *résistance vive de rupture*, sans modifier leur dureté. Mais ces aciers, même peu carburés, *manquent de corps;* ils sont *aigres* sans être durs;

2° Pour apprécier ce *manque de corps*, les épreuves par simple traction et la pression transversale sont insuffisantes; il faut nécessairement avoir recours aussi aux essais par *le choc.*

3° Le *métal Bessemer doux*, obtenu dans l'usine de Barrow avec les fontes d'hématites du Cumberland, est moins tenace, moins élastique et plus aigre que les aciers doux, ou extra-doux, préparés à Sheffield au creuset par les procédés ordinaires.

4° Enfin, en ce qui concerne l'efficacité du procédé Heaton pour la déphosphoration des fontes, les nouvelles analyses sont aussi peu concluantes que celles de mon premier mémoire, puisque, dans les deux cas, la proportion de nitre était trop faible pour oxyder la totalité des éléments étrangers. Mais, en tout cas, d'après ce qui précède, il serait prématuré de considérer, *dès maintenant*, le procédé Heaton comme un perfectionnement *considérable* du travail de l'acier; de plus, je ne pourrais pas davantage m'associer à cette conclusion de M. Fairbairn, « que l'acier Heaton « peut être comparé *avec avantage* aux aciers ordinaires « des fabricants de Sheffield. » Il est au contraire certain que les aciers *phosphorés manquent de corps.*

Tableau n° 1. — Première série d'expériences (1867).

ORIGINE des barres.	Numéros des barres.	TENSION ÉLASTIQUE maximum, déterminée par flexion transversale — en tonnes par pouce carré anglais.	TENSION ÉLASTIQUE — en kilogr. par millimètre carré.	ÉLÉMENTS DÉTERMINÉS PAR TRACTION DIRECTE. Charges de rupture de la section primitive — en tonnes par pouce carré anglais	Charges de rupture — en kilogr. par millimètre carré	Contraction de la barre dans la section de rupture.	Allongement maximum avant la rupture (sous charge)	Allongement permanent dû à la rupture.	NATURE, origine et usages des aciers.
(1)	(2)	(3)		(4)		(5)	(6)	(7)	(8)
		tonnes.	kilog.	tonnes.	kilog				
Brown et Cie de Sheffield.	1	37,96	59,79	30,53	48,08	0,00	0,006	0,253	Acier fondu supérieur pour outils de tours.
	2	37,96	59,79	40,85	64,34	0,01	0,027	0,263	Acier fondu moins dur que le n° 1 pour ciseaux.
	3	41,75	65,76	47,64	75,03	0,00	0,014	0,183	Acier fondu pour outils durs.
	4	36,80	57,96	51,86	81,68	0,03	0,034	0,193	Acier fondu moins dur que le n° 3 pour ciseaux.
	5	36,80	57,96	49,13	77,38	0,03	0,037	0,213	Acier fondu doux propre au soudage.
	6	31,78	50,05	41,05	64,65	0,50	0,084	0,403	Acier Bessemer doux.
	7	33,16	52,23	41,31	65,06	0,05	0,041	0,443	Acier deux fois corroyé.
	8	32,36	50,97	34,27	53,97	0,16	0,097	0,493	Acier de forge étiré.
	9	31,02	48,86	26,57	41,85	0,55	0,076	0,553	Acier puddlé, provenant de fontes anglaises et étrangères.
Cammel et Cie de Sheffield.	10	45,02	70,91	49,13	77,38	0,01	0,018	0,015	Acier fondu dur, appelé *diamond steel*.
	11	35,42	55,78	48,69	76,69	0,02	0,021	0,016	Acier fondu dur pour outils.
	12	44,48	70,06	53,75	84,66	0,02	0,028	0,025	Acier fondu pour ciseaux moins dur que le n° 11.
	13	30,79	48,49	43,15	67,96	0,03	0,025	0,024	Acier fondu pour coutellerie.
	14	27,53	43,36	39,78	62,65	0,53	0,144	0,209	Acier Bessemer doux.
	15	29,93	47,13	36,37	57,28	0,59	0,120	0,204	Acier Bessemer très-doux.
Naylor, Vickers et Cie de Sheffield. Aciers fondus (directement cémentés au creuset).	16	34,45	54,26	39,58	62,34	0,47	0,062	0,162	Acier fondu extra-doux.
	17	33,03	52,02	40,85	64,34	0,49	0,047	0,090	Acier fondu doux.
	18	47,14	74,24	59,87	94,29	0,02	0,010	0,010	Acier fondu dur et rigide.
	19	44,15	69,53	52,70	83,00	0,02	0,029	0,017	Acier fondu dur.

Osborn et Cie de Sheffield.	21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,032	0,032	Acier fondu pour [illegible]
	22	28,15	44,34	31,71	51,41	0,03	0,0[illegible]0	0,[illegible]21	Acier fondu pour cisailles.
	23	36,22	57,05	44,10	69,46	0,01	0,018	0,017	Acier fondu pour tarauds, mèches et étampes.
	24	33,35	52,53	46,03	72,50	0,06	0,043	0,052	Acier fondu doux pour tiges et pièces de machines.
	25	2[illegible],98	40,92	39,25	61,82	0,03	0,024	0,024	Acier fin, doux trois fois corroyé.
	26	41,16	64,83	38,26	60,26	0,01	0,004	0,004	Acier fondu très-dur pour outils de tour et essieux.
	27	31,03	5[illegible],60	49,83	78,51	0,35	0,106	0,135	Acier fondu pour tôle de chaudières.
Bessemer et Cie de Sheffield.	28	41,29	65,04	46,02	72,48	0,03	0,019	0,019	Acier Bessemer mi-dur.
	29	31,90	50,24	39,36	61,99	0,49	0,106	0,200	Acier Bessemer doux.
	30	28,67	45,16	35,09	55,27	0,53	0,098	0,191	Acier Bessemer très-doux.
Sanderson et Cie de Sheffield.	31	33,23	52,34	37,26	58,69	0,01	0,019	0,022	Acier fondu mi-dur, soudable.
	32	28,85	44,96	48,18	75,88	0,01	0,032	0,033	Acier deux fois corroyé.
	33	40,68	64,07	47,84	75,35	0,06	0,027	0,028	Acier une fois corroyé.
	34	33,43	52,65	33,57	52,87	0,03	0,014	0,013	Acier cémenté, paqueté, soudé et étiré.
	35	29,44	46,37	46,41	73,09	0,04	0,026	0,034	Acier cémenté, directement étiré.
Turton et fils de Sheffield.	36	32,35	50,95	44,71	70,11	0,04	0,031	0,027	Acier fondu doux pour capsules.
	37	39,75	62,61	39,08	61,55	0,02	0,0106	0,0106	Acier fondu pour mèches et outils.
	38	40,31	63,48	42,57	67,05	0,01	0,018	0,014	Acier fondu pour fraises, burins, etc.
	39	38,02	59,88	35,02	55,16	0,01	0,002	0,0012	Acier fondu dur pour outils de tour.
	40	39,46	62,15	45,94	72,36	0,02	0,018	0,014	Acier fondu pour pièces de machines.
	41	32,64	51,41	45,79	72,12	0,01	0,021	0,016	Acier fondu pour emporte-pièces et poinçons.
	42	35,17	55,39	47,42	74,69	0,04	0,024	0,019	Acier fondu pour coins des monnaies.
	43	33,42	52,63	39,04	61,48	0,02	0,013	0,009	Acier fondu pour matrices et étampes.
	44	34,73	54,70	43,74	68,89	0,02	0,019	0,019	Acier fondu pour tarauds.
	45	27,37	43,11	32,70	51,50	0,01	0,009	0,008	Acier deux fois corroyé.

Deuxième série d'expériences (1869).

								Allongement maximum permanent avant la rupture.	
		tonnes.	kilog.	tonnes.	kilog.				
Aciers Heaton de Langley Mill.	1	40,99	64,56	41,76	65,77	0,00	0,039	0,035	Aciers fondus doux, provenant de l'affinage de fontes phosphoreuses, à l'aide du nitrate de soude, dans le convertor Heaton.
	2	47,27	74,45	41,75	65,76	0,00	0,031	0,023	
	3	48,17	75,87	50,53	79,59	0,30	0,094	0,076	
	4	4[illegible],56	76,48	46,82	73,74	0,00	0,036	0,031	
	5	43,25	68,12	44,14	69,52	0,00	0,094	0,082	
	6	41,55	65,44	46,91	7[illegible],84	0,13	0,104	0,001	
Moyennes des 6 barres.	...	41,96	70,82	45,[illegible]2	71,38	0,[illegible]2	0 0[illegible]6		
Aciers Bessemer de l'usine de Barrow. (Provenant de fontes d'hématites rouges du Cumberland.)	7	41,16	64,83	41,70	65,68	0,01	0,041	0,039	Acier mi-dur.
	8	18,65	29,37	36,03	56,75	0,10	0,087	0,086	Acier doux.
	9	21,24	33,45	30,61	48,24	0,48	0,066	0,062	Acier très-doux.
	10	19,37	30,51	29,50	46,47	0,47	0,186	0,176	Idem.
	11	23,63	37,22	32,69	51,48	0,41	0, 31	0,030	Idem.
	12	22,69	35,74	30,69	48,33	0,40	0,081	0,079	Idem.
	13	25,89	40,78	33,81	51,25	0,00	0,091	0,087	Acier doux ; manque de corps.
	14	24,65	38,82	33,04	52,04	0,48	0,076	0,075	Acier doux.
	15	24,67	38,85	33,53	52,81	0,22	0,100	0,094	Idem.

TABLEAU N° 2. — Première série d'expériences (1867).

ORIGINE des barres.	Numéros des barres.	COMPRESSION due à 100k,7 de charge par pouce carré, (158k,6 par millimètre carré), exprimée en fraction de la hauteur primitive d'un pouce.	ÉLÉMENTS DÉTERMINÉS PAR FLEXION TRANSVERSALE. FLÈCHE à la limite d'élasticité pour des barres de 4 pieds 6 po. de longueur et 1 pouce de hauteur dans le sens de la flèche, en pouces.	FLÈCHE ... 1 mètre de longueur et 0m 01 de hauteur dans le sens de la flèche, en centimètres.	RÉSISTANCE vive élastique des barres ayant 4 pieds 6 po. de longueur et 1 pouce de côté, en pieds livres.	RÉSISTANCE ... 1 mètre de longueur et 0m,01 de côté, en kilogrammètres	COEFFICIENT d'élasticité en livres anglaises par pouce carré de section.	COEFFICIENT d'élasticité en kilogram. par centimètre carré de section.	NATURE, origine et usages des aciers.
(1)	(2)	(3)	(4)		(5)		(6)		(7)
		tonnes.	pouces.	centim.	p. liv.	Km.	liv.	kilog.	
Brown et Cie de Sheffield.	1	0,253	1,268	4,348	55,563	0,867	32.672000	2.296 00	Acier fondu supérieur pour outils de tours.
	2	0,263	1,437	4,928	63,003	0,984	29.415000	2.067000	Acier fondu moins dur que le n° 1 pour ciseaux.
	3	0,183	1,508	5,172	72,690	1,134	30.550000	2.147000	Acier fondu pour outils durs.
	4	0,293	1,292	4,430	54,893	0,856	29.463000	2.071000	Acier fondu moins dur que le n° 3 pour ciseaux.
	5	0,243	1,310	4,492	55,685	0,869	29.248000	2.055000	Acier fondu doux propre au soudage.
	6	0,403	1,165	3,995	42,749	0,667	30.221000	2.124000	Acier Bessemer doux.
	7	0,443	1,198	4,108	45,897	0,715	31.135000	2.188000	Acier deux fois corroyé.
	8	0,493	1,193	4,091	44,598	0,696	29.335000	2.062000	Acier de forge étiré
	9	0,553	1.100	3,772	39,416	0,615	31.292000	2.199000	Acier puddlé provenant de fontes anglaises et étrangères.
Cammel et Cie de Sheffield.	10	0,233	1,646	5,645	85,515	1,334	30 088000	2.114000	Acier fondu dur, appelé *diamond steel*.
	11	0,263	1,859	6,375	84 048	1,311	24.050000	1.690000	Acier fondu dur pour outils.
	12	0,313	1,584	5,432	78,825	1,229	31.212000	2.193000	Acier fondu pour ciseaux moins dur que le n° 11.
	13	0,303	1,150	3,944	40,903	0,638	29.700000	2.087000	Acier fondu pour coutellerie.
	14	0,433	1,020	3,498	32,439	0,506	30.742000	2.160000	Acier Bessemer doux.
	15	0,493	1,080	3,735	37,657	0,587	30.291000	2.129000	Acier Bessemer très-doux.
Naylor, Vickers et Cie de Sheffield. (Aciers fondus, directement [illegible])	16	0,423	1,180	4,046	44,741	0,698	30.923000	2.173000	Acier fondu extra doux.
	17	0,384	1,195	4,098	40,164	0,627	29.994000	2.108000	Acier fondu doux.
	18	0,153	1,737	5,957	91,165	1,474	29.407000	2.067000	Acier fondu dur et rigide.
	19	0,1[illegible]	1,[illegible]	5,4[illegible]	80,798	1,259	30.188000	2.164000	Acier fondu dur.

Osborn et Cie de Sheffield.	21	0,243	1,407	4,825	62,684	0,978	30.80.000	2.165000	Acier fondu pour tranches à froid et burins.
	22	0,253	1,406	4,821	47,815	0,736	22.098000	1.553000	Acier fondu pour cisailles.
	23	0,263	1,352	4,636	56,435	0,880	29 3.8 00	2.084000	Acier fondu pour tarauds, mèches et étampes.
	24	0,323	1,226	4,204	5[illegible],194	0,[illegible]30	26.258000	1.815000	Acier fondu doux pour tiges et pièces de machines.
	25	0,323	1,052	3,608	29,393	0,458	23.319000	1.638000	Acier fin deux fois corroyé.
	26	0,193	1,533	5,257	72,826	1,136	29.188000	2.051000	Acier fondu très-dur pour outils de tours et essieux.
	27	0,333	1,328	4,555	49,106	0,[illegible]91	30,335000	2.132000	Acier fondu pour tôle de chaudière.
Bessemer et Cie de Sheffield.	28	0,228	1,515	5,196	72,169	1 1 5	29,652000	2.084000	Acier Bessemer mi-dur.
	29	0,443	1,1 2	3,882	41,261	0 644	30.478000	2.142000	Acier Bessemer doux.
	30	0,473	1,057	3,625	35 008	0,546	29.310 00	2,060000	Acier Bessemer très doux.
Sanderson et Cie de Sheffield.	31	0,398	1,[illegible]37	[illegible],242	47,452	0,[illegible]40	30.700000	2 157000	Acier fondu mi-dur soudable.
	32	0,303	1,086	3,724	37,022	0,577	29.3 1000	2 063000	Acier deux fois corroyé.
	33	0,283	1,450	4,972	68,082	1,062	30.368000	2.134000	Acier une fois corroyé.
	34	0,323	1,224	4 197	47,230	0,737	29.922000	2.103000	Acier cémenté, paqueté, soudé et étiré.
	35	0,333	1,096	3,759	37,2[illegible]9	0,581	29.524000	2.075000	Acier cémenté, directement étiré.
Turton et fils de Sheffield.	36	0,283	1,167	4,0[illegible]0	45,369	0,708	30.204000	2.125000	Acier fondu doux pour râpes.
	37	0,193	1,455	4,989	66,748	1,041	30.390000	2.136000	Acier fondu pour mèches et outils.
	38	0,243	1,412	4,842	65,705	1,025	31.247000	2.196000	Acier fondu pour fraises, burins, etc.
	39	0,263	1,388	4,760	60,949	0,951	30.887000	2 171000	Acier fondu dur pour outils de tours.
	40	0,233	1,430	4,904	65,131	1,016	30,211000	2.123000	Acier fondu pour pièces de machines.
	41	0,253	1,179	4,043	44,444	0,6[illegible]3	30.218000	2.124000	Acier fondu pour emporte-pièces et poinçons.
	42	0,293	1,283	4,400	52,120	0,813	30.398000	2.136000	Acier fondu pour coins de monnaies.
	43	0,273	1,285	4,407	49,662	0,774	28.484000	2.002000	Acier fondu pour matrices et étampes.
	44	0,273	1,362	4,670	54,877	0,856	31.198000	2.192000	Acier fondu pour tarauds.
	45	0,293	1,008	3,465	31,859	0,497	29,710000	2.088000	Acier deux fois corroyé.

Deuxième série d'expériences (1869).

Acier Heaton de Langley Mill.	1	0,333	1,761	6,039	8[illegible],410	1,301	26.580000	1 868000	Aciers fondus doux provenant de l'affinage de fontes phosphoreuses, à l'aide du nitrate de soude dans le convertor Heaton.
	2	0,288	1,880	6,447	101,100	1,577	29.070000	2.043000	
	3	0,257	1,859	6,375	102,300	1,596	27.740000	1.949000	
	4	0,247	1,790	6,139	100 [illegible]00	1,565	30.[illegible]00000	2.13[illegible]000	
	5	0,257	1.761	6,039	81,600	1,273	29.140000	2.018000	
	6	0,288	1,610	5,522	77,1[illegible]0	1.203	28.690000	2.01 0[illegible]0	
Moyennes des 6 barres.	. . .	0 278	1,777	6,093	90,970	1,419	28.[illegible]03000	[illegible].100000	
Acier Bessemer de l'usine de Barrow (provenant de fontes d'hématites rouges du Cumberland).	7	0,200	1,577	5,408	77,917	1,[illegible]15	30.056000	2.115000	Acier mi-dur.
	8	0.450	0.679	2,328	14,383	0,224	30,754000	2.161000	Acier doux.
	9	0,450	0,801	2,747	19,757	0,308	29.71[illegible]0[illegible]0	2.088000	Acier très-doux.
	10	0,480	0,826	2,833	18,480	0,288	28.460[illegible]0[illegible]	2.000000	Idem.
	11	0,525	0.999	3,426	25,950	0.405	28.440000	1.999000	Idem.
	12	0,474	0,896	3,073	2[illegible],4[illegible]0	0,366	28.000000	1.9 8030	Idem.
	13	0.392	0,968	3,320	28,280	0,441	29 600000	2.080000	Acier doux, manque de corps.
	14	0,400	1,112	3,814	30,810	0,482	23.74 000	1.668000	Acier doux.
	15	0,400	1,115	3,823	31.730	0,495	24.680000	1.734000	Idem.

Je crois devoir rappeler, en peu de mots, les formules à l'aide desquelles on a calculé les éléments des deux tableaux.

On sait que, pour une pièce appuyée sur deux supports et chargée au milieu, on a les deux formules $Pl = \frac{4 R.I}{a}$ (1) et $f = \frac{Pl^3}{48 \times I.E}$ (2), où l est la longueur de la barre entre les appuis; P, la charge à la limite de l'élasticité, augmentée des $\frac{5}{8}$ du poids de la barre elle-même; I, le moment d'inertie; a, sa demi-hauteur; f, la flèche de la barre, chargée jusqu'à la limite de l'élasticité; R, la tension de la fibre la plus fatiguée à cette même limite; enfin E, le coefficient de l'élasticité.

Or, si la barre est rectangulaire, h étant sa hauteur et b sa largeur, on a $I = \frac{bh^3}{12}$ d'où $\frac{I}{a} = \frac{bh^2}{6}$, (3), ce qui donne, à l'aide de la formule (1), $R = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bh^2}$, ou bien, si la barre est carrée ayant d pour côté, $R = \frac{3}{2} \frac{Pl}{d^3}$. C'est la formule qui donne les éléments de la colonne (3) du premier tableau. Pour passer de la charge ou de la tension, exprimée en tonnes par pouce quarré, à la charge ou à la tension en kilogrammes par millimètre quarré, il suffit de multiplier les premiers chiffres par le rapport $\frac{1015^k,65}{(25^{mm},4)^2} = 1,575$.

La valeur de E, tirée de la formule (2), est $E = \frac{Pl^3}{48 f.I} = \frac{Pl^3}{4.f.bh^3}$; ou, pour une barre carrée, $E = \frac{Pl^3}{4fd^4}$. Dans ces deux expressions de E, le rapport $\frac{P}{f}$ est constant en dedans des limites de l'élasticité. Aussi, dans chaque cas, M. Fairbairn a pris, pour valeur de ce rapport, la moyenne des rapports partiels $\frac{P'}{f'}$, $\frac{P''}{f''}$, etc., la valeur de P croissant chaque fois de 50 livres dans les expériences successives faites sur la même barre. C'est ainsi que l'on a obtenu les chiffres de la colonne (6) du deuxième tableau. Pour passer de là aux mesures métriques, il faut multiplier par le rapport $\frac{0^k,4534}{(2^{c.m.},54)^2} = 0,07028$.

En substituant dans la formule (2) la valeur de I, prise dans (1), et remplaçant d'ailleurs a par $\frac{2}{h}$, on trouve $f = \frac{1}{6} \frac{R l^2}{E h}$, formule

qui montre que, pour une tension donnée R, lorsque l et E sont constants, la flèche f varie en raison inverse de la hauteur h; on a donc $\frac{f'}{f} = \frac{h}{h'}$, ou si $h'=1$; $f' = hf$. C'est ainsi que j'ai déduit des flèches observées f, les flèches f' de la quatrième colonne du tableau n° 2, rapportées à la hauteur uniforme d'un pouce anglais.

La même formule montre que, pour des longueurs différentes, on a $\frac{f'}{f} = \frac{h}{h'} \times \frac{l'^2}{l^2}$, d'où l'on déduit la flèche en centimètres, lorsque $l' = 100$ centimètres et $h' = 1$ centimètre. En remplaçant $l = 54$ pouces, $h = 1$ pouce et f, pris dans la colonne (4), par leurs valeurs ramenées en mesures métriques, on trouve, en effet,

$$f' = f \times 2^{\text{cm}},54 \times \frac{(100)^2}{(54 \times 2^{\text{cm}},54)^2} \times \frac{2^{\text{cm}},54}{1.} = f \times \frac{(100)^2}{(54)^2},$$

ce qui revient à multiplier f par le rapport 3,4293.

La valeur de la résistance vive élastique pour la colonne (5) est donnée par le produit $\frac{fP}{2}$ où P et f sont la charge et la flèche à la limite de l'élasticité.

Or, des expressions (1), (2) et (3), on déduit $\frac{fP}{2} = \frac{R^2}{18E} \times lbh$, c'est-à-dire que, pour une même tension R, le travail d'une barre est proportionnel à son volume lbh. Pour déduire, de $\frac{fP}{2}$, la résistance vive d'une barre ayant même longueur, mais un pouce quarré de section, il suffit, par suite, de diviser cette première valeur par la section bh; et, pour passer de cette expression, que je représenterai par U, au travail d'une barre de 1 mètre de longueur sur 1 centimètre quarré de section, il faut multiplier le travail U par le rapport des volumes des deux barres, c'est-à-dire par

$$\frac{l'b'h'}{lbh}, \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} l' = 100 \text{ cent.}, \quad b' = 1 \text{ cent.}, \quad h' = 1 \text{ cent.}; \\ l = 54 \text{ pouces}, \quad b = 1 \text{ pouce}, \quad h = 1 \text{ pouce}; \end{array}$$

ce qui donne, pour le travail U', en *pieds-livres* :

$$U' = U \times \frac{100.}{54 \times (2.54)^2}, \text{ puisque } 1 \text{ pouce anglais} = 2^{\text{cm}},54,$$

et pour le même travail en *kilogrammètres* :

$$U' = U \times 0^{k},4534 \times 0^{m},3048 \left(\frac{100}{54 \times (2,54)^2}\right) = U \times 0,0156.$$

NOTICE

SUR LE NOUVEAU CUVELAGE DU PUITS DE CARLING.

Par M. BARRÉ, ingénieur des mines.

Le puits de Carling, ouvert dans la concession du même nom qui fait partie du bassin houiller de la Moselle, a aujourd'hui, avec son puisard, une profondeur totale de 372 mètres. Commencé dans le grès des Vosges, il a rencontré, à $6^m,28$ du sol, le niveau des eaux qui remplissent ce terrain essentiellement perméable et fissuré. A $142^m,20$, il a atteint les conglomérats du nouveau grès rouge, se présentant sous forme de masse épaisse non stratifiée, mêlée irrégulièrement de grès plus ou moins fins, et faisant suite, sans discordance, au grès des Vosges, dont les bancs sont sensiblement horizontaux. C'est à la profondeur de $201^m,54$ qu'il est arrivé au terrain houiller, dont la discordance de stratification avec le précédent est très-nette, car ses couches ont été trouvées dirigées vers le nord 40° ouest et plongeant de 42° vers le sud 50° ouest.

Le puits fut muni, lors du creusement, d'un cuvelage en bois de chêne, formant un polygone de 18 côtés, régnant depuis le niveau des eaux jusqu'à la profondeur de $159^m,88$, à laquelle il fut assis, à la base d'un banc, épais de $2^m,08$, d'un grès grossier, mais à ciment argileux abondant, dépendant du nouveau grès rouge. Ce cuvelage fut consolidé, depuis le niveau de $79^m,94$, par des armatures en fonte qui sont représentées dans les figures ci-dessous, empruntées à la « *Deuxième notice sur les travaux exécutés dans le bassin houiller du département de la Moselle*, » publiée dans le t. VII du *Bulletin de la Société de l'industrie*

minérale, par J. Lévy, alors ingénieur directeur des travaux de la compagnie houillère de la Moselle, propriétaire de la concession de Carling.

Les *fig.* 1 et 2 (Pl. VI), représentent en projection le cuvelage armé; les deux oreilles que porte chaque segment servent à le fixer au cuvelage au moyen de clous avant le serrage. Les *fig.* 4 et 5 montrent les projections verticale et horizontale des extrémités d'un segment. Deux segments contigus ont chacun un talon de $0^m,01$ d'avancement, l'un en bas, l'autre en haut, dans la moitié antérieure de leur épaisseur. Un vide reste ainsi entre leurs faces d'appui dans leur moitié postérieure. C'est dans ce vide qu'on enfonce les cales en fer représentées par la *fig.* 6 pour produire le serrage. La *fig.* 3 représente la section d'un segment dans son milieu. Le diamètre intérieur du cuvelage, c'est-à-dire l'apothème de son intrados, était de 4 mètres; les armatures ne le réduisent que de $0^m,12$.

Le puits de Carling avait été commencé au mois de novembre 1855; par suite de différents retards, c'est seulement au mois de juillet 1860 qu'après de grandes difficultés, la pose du cuvelage fut entièrement achevée. Quatre mois après, on était à la houille à la profondeur de $207^m,80$ et l'on entra en exploitation.

Les armatures en fonte résistèrent parfaitement, mais on eut dès l'abord d'assez grandes difficultés à se préserver des fuites par les joints du cuvelage. C'est ainsi qu'il fallut consacrer 3 mois, dès 1861, à recalfater le puits avec les soins les plus minutieux. Cependant on parvint à le maintenir assez bien étanche, et aucun accident sérieux ne vint interrompre l'exploitation jusqu'en 1865. Le 11 avril de cette année, le calfatage de plusieurs joints manqua à la fois vers 144 mètres de profondeur, et ces joints donnèrent passage à une grande quantité d'eau qui inonda les étages de 355 et de 280 mètres. On recalfata les joints qui avaient manqué et ceux qui menaçaient, et l'on reprit l'exploita-

tion à tous les niveaux. Mais, à partir de ce moment, on ne put empêcher les joints de la région compromise de perdre une quantité très-notable d'eau, et l'on fut constamment exposé aux inondations. Le 28 mai 1866 en particulier, les fuites du niveau de 144 mètres s'étant réouvertes, les niveaux de 355 et de 280 mètres furent de nouveau noyés. Il fallut alors se décider à remettre en marche les pompes qui avaient servi à l'épuisement pendant le fonçage. Cette opération, qui ne se fit pas sans difficultés et fut entravée par divers accidents, ne fut définitivement terminée que pendant l'automne de 1866.

Une fois les pompes en marche, on put reprendre l'extraction de la houille dans les étages de 230 mètres et de 280 mètres; le niveau de 355 mètres, où l'on n'avait pas de houille, resta noyé, ou du moins alternativement noyé et découvert suivant l'importance des fuites du cuvelage. On fit ainsi du charbon pour les six premiers mois de 1867; mais le 15 juillet de cette année, les fuites passèrent du chiffre de 25.000 hectolitres par vingt-quatre heures à celui de 30.000 hectolitres, et le 17 à celui de 45.000 hectolitres. Depuis ce moment, on ne cessa de lutter contre les difficultés provenant de cette aggravation des venues d'eau et de la rupture de différentes pièces des pompes et de la machine d'épuisement; la production fut entièrement suspendue. Enfin, le 3 décembre 1867, on commença la pose d'un cuvelage en fonte intérieur au premier, dont l'établissement était décidé en principe depuis l'année précédente. Cette mesure constituait en effet le seul moyen radical que l'on eût pour se mettre à l'abri des inondations et continuer l'exploitation de la mine.

Base du nouveau cuvelage. — Ainsi qu'il a été dit, l'ancien cuvelage avait sa base à 159m,88 de profondeur; il commençait par trois trousses colletées, surmontées de six trousses picotées. Le nouveau cuvelage en fonte fut assis, au niveau de 168 mètres, sur une corniche circulaire en

constatations que j'ai pu faire moi-même et les renseignements qui m'ont été obligeamment communiqués par M. l'ingénieur-directeur Chavatte.

On recevait successivement, debout sur un chariot en bois, chacune des quatre pièces d'un anneau descendu par le câble de la machine d'extraction, et on la conduisait, en passant derrière les corps de pompes et bois de toute nature qui encombraient le puits, à la place où elle devait être montée. La pièce déchargée du chariot reposait sur deux ou trois bouts de planche en chêne de $0^m,01$ d'épaisseur. — Une fois les quatre pièces en place, on les rapprochait avec des pinces en fer ou des coins en bois, et des lames de plomb de 3 millimètres d'épaisseur étant placées dans les joints de raccordement verticaux, de façon à déborder de $0^m,01$ la fonte dans tous les sens, on serrait les quatre boulons de chacun de ces joints. La seule précaution à prendre pendant cette opération consistait à mettre rigoureusement dans un même plan les quatre portions du joint horizontal. On soulevait ensuite l'anneau de $0^m,50$ à $0^m,60$, au moyen de deux treuils placés à la surface, et on le reposait sur des blocs de bois de cette épaisseur. Puis on matait extérieurement les lames de plomb, un ouvrier matant les $0^m,50$ supérieurs d'un joint, tandis qu'un autre matait les $0^m,50$ inférieurs, et l'on raffleurait à la fonte avec un ciseau de charpentier. On plaçait ensuite la lame de plomb horizontale sur la douve inférieure, on baissait l'anneau et l'on boulonnait les collets horizontaux. C'est alors seulement que l'on matait les lames de plomb dans les joints à l'intérieur de la douve. On coulait ensuite entre les deux cuvelages, sur la hauteur de l'anneau qu'on venait de placer, un béton composé de deux tiers de ciment de Vassy et d'un tiers de calcaire du Muschelkalck cassé à l'anneau de $0^m,02$.

Pose de la douve spéciale devant les grandes fuites. — Le cuvelage est coupé en divers points, et en particulier au-

dessous des grandes fuites du niveau de 144 mètres, par des trousses picotées établies contre les assises picotées de l'ancien cuvelage. La *fig.* 5 montre, dans ces points, leurs dispositions, suivant que ces picotages tombaient vis-à-vis une armature en fonte du cuvelage en bois ou entre deux de ces armatures, contre lesquelles venaient s'appliquer des tasseaux en bois de chêne. Ces picotages, qui avaient pour but d'aider la base à supporter le poids du cuvelage et non de retenir l'eau de passe en passe, furent répétés chaque fois que le cuvelage en fonte arrivait à la hauteur convenable devant d'anciens picotages en bois.

La partie la plus délicate et la plus intéressante du travail a été la pose de la douve spéciale qui a dû être placée vis-à-vis les grandes fuites. Voici comment il a été procédé à cette opération. La douve spéciale était percée de vingt trous pour l'écoulement de l'eau au lieu de quatre que comportent les anneaux ordinaires; *a*, *a* représentent les douves de cuvelage en bois dont les joints fuyaient (*fig.* 6), *b*, *b* montrent les bagues en fonte qui armaient les douves dans les 80 derniers mètres de ce cuvelage; *c*, *c*, de fortes planchettes en chêne qu'on avait été obligé d'appliquer au moyen de vis à bois enfoncées dans les douves, contre les trois joints non étanches du niveau de 144 mètres, où avaient été enfoncés, dans des essais successifs de calfatage tous infructueux, de l'étoupe, des coins en fer, et finalement des picots en bois. (Toutes ces manœuvres avaient fini par donner aux joints des ouvertures de 4, 5 et 6 centimètres, et de plus, les bois de cuvelage ayant été broyés eux-mêmes par ces violents efforts répétés, l'étanchéité n'était plus possible.)

On emprisonna les fuites derrière une grande feuille de zinc, clouée au cuvelage en haut et en bas, et embrassant le puits dans toute sa circonférence; vingt tubes furent posés pour raccorder les vingt trous de la douve spéciale à cette feuille de zinc de manière à permettre à l'eau des

fuites de s'écouler librement. De cette façon, une partie annulaire restait vide entre la feuille de zinc et l'anneau de fonte, et l'on put cimenter dans cet intervalle. Ensuite, après le durcissement du ciment et au fur et à mesure que le cuvelage s'élevait, dix-neuf des trous d'écoulement furent bouchés l'un après l'autre, au moyen de broches en fer filetées. Un seul reçut un robinet qui est maintenant renfermé dans une cage en fer et ne laisse plus passer d'eau.

Sommet du cuvelage. — Au-dessus de la douve spéciale furent placés d'autres anneaux ordinaires coupés de temps en temps par des picotages de 0^m,20 de hauteur sur 0^m,20 de largeur de fonte. On arriva ainsi jusqu'à la cote de 72 mètres où devait s'arrêter le cuvelage.

Le système représenté par la *fig.* 7 avait d'abord été adopté pour fermer ce cuvelage à la partie supérieure. On l'avait terminé par une série d'assises en bois de 1^m,40 de hauteur totale, surmontée de deux picotages en bois de 0^m,25 de hauteur chacun. Puis on avait établi sur ceux-ci une couronne *a*, solidement fixée au cuvelage, et plus haut 36 madriers en chêne *b*, de 1^m,50 de hauteur chacun, fortement boulonnés sur les dix-huit faces du cuvelage en bois ; des vis maintenaient entre la couronne et les madriers une pression considérable. Ces précautions ne suffirent pas et une venue d'eau de 4 hectolitres par heure se maintint à la partie supérieure du cuvelage.

On établit alors le système représenté par la *fig.* 8, qui a bien réussi. La boîte à caoutchouc B de 0^m,06 d'ouverture, est garnie de quatre anneaux complets en caoutchouc, faits de cordes de 0^m,065 de diamètre, et recouverts d'une tresse en étoupes d'aloès goudronnée de 0^m,04 d'épaisseur. Au moyen de 36 vis de pression de 0^m,04 de diamètre, prenant leur point d'appui sur 36 pièces de chêne de 1^m,50 de long, vissées sur le cuvelage, on a exercé une pression d'à peu près 100.000 kilogrammes qui s'est bien

répartie sur la boîte et sur les deux assises picotées de l'ancien cuvelage en bois, vis-à-vis desquelles elle avait été établie. La fermeture est hermétique.

La pose du cuvelage était achevée le 25 avril 1868; mais l'établissement de son couronnement étanche ne fut pas terminé avant le milieu du mois de juillet. Aussitôt que le résultat fut assuré, on enleva les pompes et la machine d'épuisement, et l'on replaça les guides et la cloison d'aérage qui avaient été démontés sur toute la hauteur du puits pendant le cours de l'opération. Cette réinstallation se fit par tronçons de 25 à 30 mètres dont l'épuisement se faisait successivement au moyen de deux cloches à soupapes ayant chacune 15 hectolitres de capacité. Ces cloches étaient guidées par de doubles mâchoires en bois qui s'arrêtaient sur des tasseaux cloués à la partie inférieure des guides posés, tandis que les cloches continuaient leur descente jusque dans l'eau. Dès le commencement de novembre, les niveaux de 230 et de 280 mètres étaient complétement découverts, et celui de 355 mètres ne tarda pas à l'être également. Aujourd'hui les travaux d'exploitation et d'exploration ont repris leur activité.

NOTES GÉOLOGIQUES

SUR L'OCÉANIE, LES ÎLES TAHITI ET RAPA.

Par M. JULES GARNIER.

PRÉLIMINAIRES.

Lors de mon retour de la Nouvelle-Calédonie en France, notre frégate séjourna assez longtemps à Tahiti pour me permettre d'en étudier la constitution géologique ; je fis, dans ce but, le tour de l'île, je remontai ses principales vallées, recueillant sur ma route des échantillons et des notes.

Depuis longtemps déjà, la géographie, la faune, la flore de Tahiti ont été les sujets d'études approfondies ; la géologie seule avait été négligée, si j'excepte, toutefois, l'aperçu que le savant américain Dana en a fait à la suite de la grande expédition entreprise dans l'Océan Pacifique sous les auspices du gouvernement des États-Unis.

Pendant mon voyage d'exploration, j'étais accompagné par M. Méry, officier d'artillerie, qui donnait à l'étude de la géologie une partie de ses loisirs ; il parlait assez couramment la langue et connaissait les coutumes des indigènes et je suis heureux de pouvoir le remercier ici de l'intelligent et agréable concours qu'il m'a donné pendant ce voyage.

En France, ma collection de Tahiti est déposée à l'exposition permanente de la marine et des colonies, et M. Jannettaz, minéralogiste du muséum, voulut bien me prêter son aide éclairé pour la détermination de plusieurs de mes échantillons ; je le prie de vouloir bien en agréer ici tous mes remerciements.

J'ai encore consulté au muséum une collection de Tahiti, offerte en 1848, par M. Lépine, pharmacien de la marine; elle a été déterminée par M. Cordier; enfin j'ai rappelé plusieurs des observations géologiques faites par Dana.

Au début de cette note je consacre quelques pages à des généralités sur la constitution des îles Océaniennes et les relations géologiques qui existent entre elles dans certains cas.

Ce rapport incomplet ne comblera certainement que bien peu de lacunes, mais, ma seule prétention a été de poser quelques jalons nouveaux, qui puissent servir plus tard pour les nombreuses et difficiles études qu'il reste encore à faire dans la vaste Océanie.

Généralités géologiques sur les îles de l'Océanie.

L'*Océan Pacifique* est, comme on le sait, parsemé d'îles ordinairement très-élevées, à faible surface, souvent arrondies et entourées de coraux : ceux-ci forment parfois une double ceinture, dont l'une se compose des débris inertes de ces zoophytes, pendant que, dans l'autre, la vie continue à les animer.

En jetant les yeux sur une carte de l'Océanie, on s'est aperçu depuis longtemps que ces îles ont entre elles une certaine liaison; elles se présentent en chapelet, les unes à la suite des autres, de façon à former des lignes droites ou légèrement recourbées qui affectent toutes des directions semblables ou bien, forment des séries doubles, triples, qui sont rapprochées et parallèles. Enfin, le grand axe de la plupart de ces terres, possède encore la direction générale du groupe.

Le relief des îles Océaniennes est formé de matériaux que

l'on pourrait diviser en trois classes principales et bien nettement distinctes.

La première classe comprendrait les îles aux roches sédimentaires ou éruptives, plus ou moins anciennes et semblables à celles qui sont la base de nos continents.

La seconde classe se composerait des îles exclusivement volcaniques.

La troisième classe serait formée par les îles coralligènes, particulières à cette portion de notre planète.

La *première classe*, comprend l'immense archipel que l'on nomme parfois, avec les Anglais, l'*Australasie* et qui renferme :

1° La *Nouvelle-Hollande*, dont la surface est presque aussi grande que celle de l'Europe. C'est autour de ce centre immense que rayonnent les autres îles du groupe, qui sont :

2° La *Tasmanie*, au sud de l'Australie,

3° La *Nouvelle-Zélande*, au sud-est,

4° La *Nouvelle-Calédonie* et les *Salomon* au nord-est,

5° La *Nouvelle-Guinée* au nord.

Les géologues ont pu établir le synchronisme de plusieurs de ces îles par l'identité des roches qui les composent, leurs faunes et leurs flores anciennes ; mais il a été plus difficile de relier par la palæontologie ces parages aux nôtres, car il est arrivé plusieurs fois que le même sédiment semblait renfermer des fossiles qui, chez nous, auraient caractérisé des époques géologiques fort distantes. Certains géologues attribuent ces divergences à ce que l'étude des terrains dont il s'agit n'est point encore suffisamment faite, tandis que les autres pensent qu'il y avait réellement, à chaque époque géologique, une notable différence entre les faunes et les flores de l'Australasie et de l'Europe ; cette opinion semble, du reste, appuyée par les faits actuels : n'avons-nous pas, en effet, trouvé dans ces parages éloignés, une faune et une flore très-différentes des nôtres? N'est-il pas encore reconnu que la végétation actuelle de plusieurs

de ces contrées a une très-grande analogie avec celle qui couvrait notre continent à l'époque si reculée de la période carbonifère?

Dans l'Australasie, la *Nouvelle-Guinée* et le groupe des *Salomon* sont maintenant les seules terres tout à fait inconnues à la géologie; cependant, d'après les indices, un peu vagues, que l'on possède sur ces terres, elles seraient fort intéressantes; j'ai déjà parlé dans mon rapport sur la Nouvelle-Calédonie (*) d'une mine de cuivre natif qui existerait aux îles *Salomon*; cet archipel passe encore pour contenir, outre une grande richesse végétale, des mines d'or et un voyageur en a rapporté le *tibia* d'un énorme mammifère, qui semble appartenir au mammouth, ainsi qu'une dent de mastodonte. Ce voyageur assurait que des ossements semblables étaient fort abondants sur une des îles du groupe et M. de Rienzi, qui rapporta en France les os que nous venons de citer, raconte qu'il possédait une partie d'un dronte, qui devait provenir du même point, mais qui fut malheureusement perdue dans un naufrage (**). Ne serait-il pas intéressant de retrouver dans cet archipel, et peut-être encore vivant, cet oiseau dont l'espèce a disparu sous nos yeux au commencement de ce siècle?

Avant de passer à la classe des îles volcaniques, qui doit former le principal sujet de ce mémoire, je dirai quelques mots sur les îles coralligènes spéciales à l'Océanie. Déjà des noms éminents sont liés aux théories que l'on possède sur la formation de ces îles; ce sont ceux de Darwin, Dana, Beechy, Clarke, etc. Pour ces savants, les zoophytes qui donnent le corail, ne pouvant vivre à de grandes profondeurs dans la mer, doivent nécessairement prendre leur pied sur les pointes des pics, les crêtes de montagnes, en un mot, sur les sommets des hauteurs sous-marines.

(*) *Essai sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie*, page 7.
(**) De Rienzi. *L'Univers*, tome III, page 384.

Mes propres observations me conduisent à approuver leinement cette théorie, bien qu'il en existe une autre, toute différente, qui a été émise pour la première fois par le naturaliste Forster, compagnon du capitaine Cook ; celui-ci veut que ces îles madréporiques aient pour base un massif semblable au tronc d'un arbre, duquel se détacheraient des branches qui viendraient aboutir à la surface de la mer, à une certaine distance les unes des autres, de façon à former cet anneau découpé, qui est, en effet, la forme qu'affectent habituellement ces terres de corail.

Cette dernière façon d'envisager les îles coralligènes a dû prendre naissance à l'inspection superficielle de quelques-unes de celles qui composent l'archipel des *Pomotou*, groupe voisin de l'archipel de *Tahiti* et placé sous le protectorat de la France ; il se compose ordinairement, en effet, d'une succession de terres, dont chacune est formée par de longs bancs de coraux de 400 à 500 mètres de largeur ; leur ensemble fait un anneau entourant un lac qui peut atteindre un circuit de 30 lieues. L'intérieur de ce lac, ainsi que les solutions de continuité de l'anneau, sont ordinairement très-profonds.

Mais toutes les îles de corail n'affectent point cette forme et beaucoup d'entre elles manquent aussi de ce lac intérieur.

D'un autre côté, dans la théorie de Forster, on ne se préoccupe point de la hauteur de ces édifices sous-marins ; or, il est général que les contours extérieurs de ces îles coralligènes ont plusieurs centaines de mètres de hauteur ; comment les polypiers, qui ne végètent que dans les eaux assez chaudes, auraient-ils pu se développer à ces immenses profondeurs où la température doit se rapprocher de celle du maximum de densité de l'eau ? (*)

(*) Même à ces profondeurs, d'après de récents travaux exécutés dans l'Atlantique, l'eau est à 0° ; ce qui pourrait s'expliquer par des courants d'eau provenant directement de la fusion des glaces du pôle (?).

La théorie plus nouvelle, en donnant pour base à ces îles les sommets de montagnes sous-marines, explique la grande hauteur d'eau que rencontrent toujours les sondes autour de ces surfaces madréporiques; quant au lac intérieur qui en forme habituellement le centre, il peut très-bien provenir, comme on l'a dit, du cratère d'un volcan ou d'une dépression centrale du sommet sur lequel repose l'édifice.

Cependant il existe des îles, les Loyalty par exemple, où le corail s'élève jusqu'à 60 et 80 mètres au-dessus du niveau de la mer, bien qu'il paraisse encore s'enfoncer à d'immenses profondeurs; comment les polypiers auraient-ils pu élever du fond des eaux des murailles si hautes, si nous devons croire avec certains observateurs, que ces animaux disparaissent au delà d'une profondeur de 10 à 15 mètres? Nous avons bien, il est vrai, l'expérience de la frégate anglaise le *Meander* qui a dragué des coraux vivants à une profondeur de 75 mètres environ, dans le voisinage de Tahiti; mais c'est un fait isolé et qui, par cela seul, mériterait une confirmation (*).

On pourrait encore expliquer la végétation de ces zoophytes sur de si grandes hauteurs en tenant compte des nombreux mouvements que le sol a subis dans ces parages, il a dû certainement y arriver que des îles dont les flancs supportaient des coraux vivants, s'enfonçaient par un mouvement lent, constant, dans le sein de la mer; les coraux, qui se développent du reste très-vite, s'élevaient au fur et à mesure, enfin, les sommets de l'île eux-même avaient disparu au-dessous des eaux et les zoophytes continuaient encore leur mouvement ascensionnel.

Ce fait du mouvement lent et prolongé d'une terre a été

(*) Un câble qui, dans la Méditerranée, avait séjourné à 2000 mètres de profondeur, a été retiré avec des mollusques et coraux à sa surface. Mais il est probable que ces coraux ne sont pas de l'espèce de ceux qui construisent les îles de l'Océanie.

constaté dans différents pays et dernièrement encore, dans une lecture faite devant la société philosophique de la Nouvelle-Galles du sud par le géologue du gouvernement, le docteur Clarke, on apprenait que, à la suite de différentes observations astronomiques, on avait constaté que l'emplacement sur lequel s'élève l'observatoire de Sydney et problement la contrée entière, jouissait d'un mouvement de haut en bas, très-lent, mais continu. La conséquence d'un fait semblable au sein de la mer où se développe le corail ne peut être que celle que nous avons donnée plus haut, c'est-à-dire, l'élévation au-dessus des îles submergées de très-hautes murailles madréporiques, se terminant à la surface par des plateaux qui forment les îles que nous voyons aujourd'hui.

Dans mon rapport sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie (p. 4), j'ai donné un court aperçu de la constitution géologique des îles Loyalty, qui dépendent aussi de la France — ces terres coralligènes n'ont pas moins de 200 000 hectares de surface — je ne reviendrai donc pas sur cette question, si ce n'est pour dire qu'elles diffèrent essentiellement de la plupart des autres îles madréporiques de l'Océanie, en ce sens que ces immenses plateaux ont été soulevés au-dessus du niveau de la mer, jusqu'à une hauteur maxima de 80 mètres environ, tandis que le relief des *îles basses*, c'est-à-dire de la pluralité des terres coralligènes, n'est point dû à un mouvement de bas en haut, voici ce qui se passa pour ces dernières :

Lorsque les architectes qui élèvent ces assises de leurs squelettes superposés atteignent la surface de la mer, ils périssent ; c'est alors que les vagues, venant battre constamment les contours des plateaux ainsi formés, les rongent à la longue, et rejettent les débris vers l'intérieur, de façon à former une dune qui s'élève d'abord à une certaine hauteur, gagne ensuite en largeur, recouvrant ainsi le récif des débris de ses propres contours et le transformant en une île

plate, à lac central, qui va se resserrant de plus en plus lui-même.

Dans les archipels de corail on voit toutes les phases que subissent ces îles dans leur croissance, depuis le récif qui montre à peine sa surface humide et encore vivante jusqu'aux terres habitées par les hommes et dont la richesse de la flore et de la faune semblerait récuser tout d'abord une pareille origine.

L'alimentation des lacs intérieurs se fait moins par la perméabilité du corail que par les canaux qui réunissent ordinairement ces lacs à la mer; des courants d'une certaine violence s'y établissent à chaque marée et, soit que les eaux rentrent ou sortent, elles signalent leur passage par un bruit étourdissant, une agitation violente et un épais manteau d'écume blanche qui recouvre la mer aux abords du passage; lorsque les niveaux se sont rétablis le calme renaît subitement: aussi les marins, pour entrer dans un lac intérieur, attendent-ils le calme qui suit la marée basse, et au moment où le courant rentrant se fait sentir, ils lui abandonnent leur navire.

Le corail contient souvent des cavernes profondes que les pluies remplissent d'eau douce et il est si peu perméable que les eaux de la mer n'y arrivent ordinairement pas; ainsi, à *Raraka*, une des *Pomotou* (groupe N-O.), sur le récif annulaire et à quelques pas de la mer, on trouve un puits naturel plein d'eau douce qui semble jaillir de source.

D'après des calculs que reproduit le géologue américain Dana, on estimerait à 290 le nombre des îles coralligènes de quelque importance en Océanie et leur surface occuperait plus de 4.000.000 d'hectares, tandis que les îles volcaniques n'auraient pas une surface de plus de 3.000.000 hectares.

Nous arrivons maintenant au sujet principal de ce mémoire, c'est-à-dire aux îles exclusivement volcaniques.

Nous avons vu que l'Océan Pacifique est la partie du monde qui présente le plus grand nombre de volcans

éteints ou actifs; sans doute, l'arrivée des roches fondues n'a point été ici entravée par la présence d'une épaisse et solide croûte terrestre; au contraire même, les matériaux éruptifs n'ont eu à traverser qu'une barrière d'épaisseur *minima*, si l'on admet, avec quelque raison, que les vallées sous-marines les plus profondes, doivent correspondre aux plus vastes Océans, de même que les montagnes les plus élevées se trouvent dans les plus grands continents.

Mais, si un grand nombre de ces volcans se sont fait jour jusqu'à la surface, combien d'autres ont dû s'arrêter en chemin et à une distance plus ou moins grande du niveau de la mer! Combien d'autres encore, poursuivant le cours de leurs éruptions, s'élèvent peu à peu et sont destinés à apparaître au jour, créant de nouvelles îles, à une époque que le géologue pourrait même déterminer assez approximativement, si son œil avait la puissance de sonder la masse des eaux.

Souvent en Océanie on est témoin de phénomènes que l'on attribue avec assez de raison aux volcans; ainsi on observe souvent:

1° Des vagues immenses, connues des marins sous le nom de *lames sourdes*, qui, hautes parfois de plusieurs mètres et d'une longueur considérable, parcourent la surface de l'Océan jusqu'à ce qu'elles viennent se briser contre les rivages des îles; leur vitesse est si grande, qu'on les signale le même jour dans les pays situés à plusieurs centaines de lieues les uns des autres et encore ne fait-on habituellement mention que de celles de ces vagues qui occasionnent des désastres dans les pays qu'elles visitent.

2° Les marins rencontrent des bancs immenses de pierres-ponces, à travers lesquels ils naviguent parfois pendant des journées entières; beaucoup d'îles non volcaniques, la Nouvelle-Calédonie, par exemple, ont leurs plages encombrées de ces ponces que leur apporte la mer.

3° Je mettrai en troisième ligne les mouvements du sol

qu'accompagnent au sein de la mer certains courants anormaux.

Je citerai ici quelques-uns des faits les plus saillants et les moins connus parmi les phénomènes volcaniques que les Européens ont été à même d'observer depuis quelques années dans ces parages.

Éruption aux îles Gambier. — Le groupe des Gambier est situé à l'extrémité méridionale de la longue ligne, légèrement recourbée, qui forme les nombreuses îles Pomotou, dont la plupart sont madréporiques, ainsi que nous l'avons dit ; ces terres sont sous le protectorat de la France et leur direction générale est le N-O : S-E. comme leurs voisines de l'archipel de Tahiti.

Ainsi que j'ai pu le constater par quelques échantillons des *Gambiers* que je vis à Tahiti, ces îles ont exactement la constitution géologique de cette dernière terre.

Le 7 novembre 1837 on entendit tout-à-coup aux Gambier de violentes détonations qui semblaient partir des montagnes ; la mer se retira considérablement, puis revint sur les rivages qu'elle envahit en grande partie ; après quelques mouvements semblables de va-et-vient, elle rentra dans ses limites ordinaires.

Le même jour et au même moment, un violent tremblement de terre avait lieu à Valdivia, au Chili. (*)

Comme nous le verrons par la suite, ce n'est pas la seule fois qu'il y a eu connexion entre les mouvements du sol en Océanie et des phénomènes semblables sur la côte occidentale de l'Amérique ; n'y a-t-il pas, du reste, une relation évidente entre ces archipels volcaniques, qui ne montrent que leurs sommets au-dessus des eaux, et les cordillières d'Amérique, qui, grâce à la hauteur plus considérable du continent, peuvent ici dominer les terres en suivant une ligne dont la direction générale est encore N.-O. : S.-E.,

(*) *Voyage au pôle sud*, tome III, page 395.

c'est-à-dire parallèle à celle des archipels volcaniques qui nous occupent?

Éruptions dans l'archipel des Amis. — Cet archipel est aussi dirigé N.-O. : S.-E., comme la Nouvelle-Calédonie, dont il n'est éloigné que de quelques centaines de lieues.

A *Tonga-Tabou*, une des îles les plus importantes du groupe, le 23 décembre 1853, on ressentit un violent tremblement de terre; par suite de ce mouvement, la surface de l'île resta inclinée de telle façon qu'à sa partie N.-E. l'eau de la mer avait gagné sur les terres d'une longueur de 2 milles environ. Cette inclinaison de l'île allait en diminuant du côté du sud-est, où, cependant, sur les rivages, la mer avait détruit une habitation et venait baigner le pied des arbres. Quant à la côte ouest, sans avoir été influencée d'une façon aussi énergique, elle s'était cependant élevée de quelques pieds au-dessus des flots, et une source qui y jaillissait autrefois avait disparu.

Mais là ne s'arrêta point l'effet de ce tremblement de terre; nous avons vu que la côte N.-E. de l'île s'abaissait pendant que la côte S.-O. s'élevait, ce dernier mouvement se prolongea en mer à une distance assez considérable et avec une intensité suffisante pour amener une partie du fond de la mer à sa surface et créer une île à 30 milles environ vers l'ouest de Tonga-Tabou.

Aussitôt que les mouvements du sol eurent cessé, les habitants de Tonga-Tabou aperçurent cette nouvelle terre et quelques jours après, un baleinier qui ignorait l'événement s'échoua sur cette plage, dont il ne soupçonnait point l'existence, ayant plusieurs fois passé avec son navire en cette même place; ce marin descendit sur la côte occidentale de cette île et put faire connaître plus tard qu'elle s'élevait à peine de quelques pouces au-dessus du niveau de l'Océan; aucune végétation ne s'y montrait; un sable noir métallifère, exactement semblable à celui qui couvre certaines îles volcaniques de l'Océanie, occupait seul sa surface et chacune

des puissantes lames de l'Océan lavait et emportait dans ses profondeurs d'immenses quantités de ce sable. de sorte que cette île pourrait bien, par ce seul fait, disparaître à son tour, si elle n'a point quelque charpente rocheuse pour lui donner de la consistance.

Tonga-Tabou est coralligène et n'offre aucune apparence de roches volcaniques, bien que ses habitants possédassent des haches de basalte lorsque pour la première fois les Européens y débarquèrent. Avant le tremblement de terre, la surface de cette île était déjà légèrement ondulée sous l'influence d'anciennes convulsions, mais après ce dernier mouvement du sol, celui-ci, en certains points, s'élevait de plus de 30 mètres de hauteur.

Peu de temps après ce tremblement de terre, on en ressentit un autre qui fut désastreux pour la petite île *Nakinefuu*, située un peu au nord de Tonga-Tabou; la plus grande partie des insulaires perdit la vie, engloutie dans d'immenses courants de lave qui se firent subitement jour par différentes ouvertures du sol; elles marchaient si rapidement que les habitants n'avaient pas le temps de s'enfuir (*).

Éruption aux îles Sandwich et tremblement de terre sur la côte occidentale d'Amérique. — Nous avons déjà dit qu'en 1837 des phénomènes volcaniques aux îles Gambier avaient coïncidé avec des mouvements du sol en Amérique; il vient de se passer tout récemment un fait analogue; mais qui a eu un plus grand retentissement à cause des grands désastres qui l'accompagnaient :

A la date du 13 août 1868, les correspondances de Lima annonçaient qu'à la suite d'un tremblement de terre remarquable par son extrême durée, la mer avait été sillonnée de courants extraordinaires ; les navires, dans les ports, semblaient affolés et s'abordaient, bien que la surface de la mer parût calme.

(*) J. Gay Jawkins. *Quarterly Journal*, 1856, page 383.

Vers neuf heures du soir, à terre, la mer baissa de quelques mètres, puis revint, pour monter ensuite de 4 mètres au-dessus de son niveau ordinaire. Le lendemain on remarquait encore quelques courants irréguliers, puis tout rentra dans le calme.

La côte au nord de Lima souffrit peu, mais au sud le tremblement de terre détruisit des villes de l'intérieur, pendant que d'autres du littoral étaient fortement endommagées par des lames gigantesques.

Le sud du Chili ne souffrit que de l'Océan; à *Coquimbo* et à *Caldera*, la mer monta de près de 5 mètres, la Bolivie elle-même s'en ressentit.

Au Pérou, les pertes furent grandes; la moitié de la ville d'Iquipe fut renversée par les mouvements du sol.

La ville de *Mejillones*, bâtie sur une presqu'île, fut complétement emportée par les flots, qui, en même temps, coupèrent cette péninsule et en firent une île.

Le mouvement de la mer avait lieu du sud au nord.

A peu près au moment où ces phénomènes se passaient, les volcans des îles Sandwich, si connus par les écrits de Dana et autres voyageurs, redoublaient d'intensité et la lave envahissait de nouvelles plaines dont elle chassait les habitants.

Dans ces mouvements du sol et de la mer que nous venons de passer en revue, les éruptions volcaniques *subaériennes* ne semblent pas toujours être intervenues; nous allons citer encore quelques exemples de faits semblables.

Dans l'océan Pacifique, la nature fournit un procédé très-exact pour mesurer les hauteurs dont certaines terres ont pu s'élever; en effet, la ceinture madréporique qui se soude aux rivages des îles et s'y développe jusqu'au niveau de la mer, s'élève nécessairement avec la terre qui la supporte; là, elle devient pour le géologue un témoin irréfutable du mouvement qui s'est produit : ainsi, dans le sud de la Nouvelle-Calédonie et à l'île des Pins, la plage qui

borde la mer repose sur des coraux dont le niveau est plus élevé que celui de la mer; en second lieu, les falaises à pic qui dominent ces plages sont elles-mêmes taillées en *corniches* par l'usure des eaux à des hauteurs qui augmentent sensiblement si l'on va du nord au sud; à l'extrémité de la côte sud-est de cette île et sur une longueur d'une dizaine de lieues, la hauteur de la corniche est de $2^m,50$ environ; dans l'île des Pins, à dix lieues au sud de la Nouvelle-Calédonie, la corniche atteint une élévation de 10 mètres.

Nous trouvons encore les traces de ce mouvement sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie; mais, dans cette partie, la corniche manque — par suite évidemment de la dénudation — dans un grand nombre de points; néanmoins, les *îlots champignon* dans la baie de Saint-Vincent, accusent encore sa présence sur une longueur de côte de 30 lieues au moins. Là, cette corniche est à peine élevée de 2 mètres.

Mais c'est aux îles Loyalty que le phénomène s'est fait sentir avec toute sa puissance; j'ai déjà eu l'occasion de parler ici de ce groupe d'îles de corail qui est situé à 15 lieues à l'est de la Nouvelle-Calédonie et se dirige parallèlement à cette grande terre; il se compose de trois îles principales : *Maré*, *Lifou* et *Ouvea*; dans la première, qui est au sud de l'archipel, la corniche est élevée de 40 mètres; dans la seconde, qui est située entre les deux autres, on peut lire sur ses bords taillés à pic, qu'elle a été élevée en deux fois au-dessus de la mer, et cela par les deux sillons superposés et creusés dans ses falaises. Le premier soulèvement semble avoir été de 45 mètres et le second de 20 mètres, ce qui donne une hauteur totale de 65 mètres. Malgré ces mouvements, la surface de l'île est assez plane, à part le morne madréporique d'*Hiacho*, dans la baie du Sandal, qui contraste d'une façon bizarre avec l'uniforme horizontalité du reste de l'île; la hauteur de Lifou est de 80 mètres au maximum.

L'île *Maré* possède un seul sillon à 40 mètres de hau-

teur, elle est probablement de formation plus jeune que Lifou et n'a participé que d'un des deux soulèvements de cette île; elle doit peut-être sa formation à ce qu'un des soulèvements primitifs de Lifou, ayant élevé quelques sommets sous-marins à une hauteur suffisante pour que les coraux puissent s'y établir, ceux-ci, dans la période de calme, formèrent alors les assises de l'île Maré, qui s'émergèrent à leur tour au soulèvement qui suivit.

L'île *Ouvea* termine au nord l'archipel des Loyalty; elle se compose de quatre terres principales, séparées par des canaux et affectant une disposition circulaire; la partie encore ouverte du côté nord-ouest est déjà encombrée de coraux vivants qui travaillent avec rapidité à fermer l'anneau.

Ces îles n'ont dû être émergées qu'à la suite de plus récents soulèvements que ceux qui élevèrent leurs voisines; nulle part elles ne s'élèvent à plus de 10 mètres au-dessus du niveau de la mer; d'un autre côté leurs bords, dans l'endroit que j'ai pu visiter, ne sont pas taillés à pic, ils présentent au contraire une plage sablonneuse en pente douce; mais cela tient probablement à ce que dans cette île, l'horizontalité des couches n'a pas été gardée comme à Lifou et Ouvea; souvent, au contraire, elles sont ici très-disloquées.

Les mêmes phénomènes et circonstances d'élévation que nous venons de signaler aux îles Loyalty, se reproduisent exactement de la même façon dans quelques terres coralligènes de l'Océanie, à l'île *Metia* ou *Aurore*, par exemple, qui est cependant éloignée des Loyalty de plus de 2 000 lieues.

L'île *Metia* est dans la partie occidentale de l'archipel des *Pomotou*; les dimensions de cette terre sont seulement de 4 milles de longueur, sur 2 milles 1/2 en largeur, mais elle est haute de 80 mètres environ, ce qui est la hauteur *maxima* des *Loyalty* et, comme ces dernières, elle se

compose de calcaires coralligènes; ses bords sont verticaux, excepté sur sa côte occidentale et sa masse renferme des cavernes profondes.

Le calcaire qui compose cet îlot ne présente que rarement des traces de son origine madréporique; certains lits de la roche contiennent çà et là des débris de corail, qui semblent y avoir été ensevelis en compagnie de magnifiques moules de coquillages. C'est encore ce que l'on observe à Lifou, d'où j'ai rapporté des fossiles extrêmement bien conservés; mais ce qu'il y a de très-remarquable ici, c'est que, le plus souvent, la roche devient aussi compacte que n'importe quel marbre mésozoïque, de texture tout aussi uniforme, présentant même parfois des cristaux de calcaire spathique disséminés dans la masse.

Ce fait ne mériterait il pas une étude particulière, à savoir, sous quelle influence cette métamorphose a pu se produire, puisque d'abord les puissances ordinaires du métamorphisme, pression et chaleur, n'ont pas été mises en jeu et que, en second lieu, on n'aperçoit aucune roche volcanique à travers ces assises coralligènes; enfin les parties de calcaire compacte s'entremêlent indifféremment avec les calcaires terreux et les coraux morts eux-mêmes.

Dans les îles coralligènes des *Loyalty*, on constate la transformation du corail en calcaire aussi compacte que peut l'être celui de *Metia*, mais c'est dans une circonstance commune dans la nature. je veux parler des stalactites qui se déposent sur les parois des cavernes du corail, par l'intermédiaire des eaux. Ne serait-ce point à *Metia* une action analogue qui aurait aussi amené, à la longue et sur place, le corail à l'état cristallisé et compact où on le trouve? Mais si l'on songe que de nos jours les madrépores prospèrent surtout dans les mers chaudes; aux époques anciennes, où la température générale de la surface de la terre était plus élevée qu'aujourd'hui, les coraux devaient se montrer dans toutes les mers, ils y ont peut-être formé aussi de gigan-

tesques assises, qui se seraient aujourd'hui transformées en ces bancs épais de calcaire, dont toute trace de l'animal composant aurait disparu et dont les parties cristallines, compactes, n'auraient pas été produites — ainsi que les faits semblent l'indiquer à Metia — par la chaleur et la pression réunies.

Dans la comparaison de *Metia* et de *Lifou*, on remarque encore que ces deux terres sont bordées de falaises à pic, et que celles de *Metia* présentent aussi deux lignes horizontales qui divisent la hauteur totale en trois parties à peu près égales et doivent très-probablement provenir d'exhaussements successifs de l'îlot. (Dana, *United States exploring expedition geology*, p. 511).

Le docteur Clarke signale encore à la Nouvelle-Hollande un fait fort curieux d'élévation de coraux; d'après ce savant géologue, on aurait trouvé au sommet de la rivière de Boyne, c'est-à-dire à 2 000 pieds de hauteur et à 700 ou 800 milles de *Lifou*, des blocs de corail dont les caractères de structure, de couleur et de décomposition sont identiques à ceux que présentent les *astræa* de Lifou (*Quarterly journal*, 1847, p. 63).

On a trouvé plusieurs fois des coraux morts, à une grande hauteur, à Java et à Timor, par exemple ; mais là, c'est à la suite d'éruptions volcaniques subaériennes que ces matériaux ont ainsi été soulevés, tandis que à la Nouvelle-Calédonie, aux Loyalty et à la Nouvelle-Hollande, ce phénomène d'élévation du sol n'est pas *en apparence* lié à une action volcanique, et semblerait s'être produit sur une surface immense et une grande hauteur.

Le volcan de Tana. — Tana est une des Nouvelles-Hébrides, groupe d'îles orientées N.O-S.E., c'est-à-dire suivant la direction habituelle; cette terre possède un volcan en activité qui parait être fort intéressant, mais qui, par malheur, n'a jamais été étudié par aucun géologue.

Les naturels de ce pays se sont armés à l'européenne

en échangeant avec nous les productions de leur île, et surtout leur soufre natif; ils s'opposent par la force à ce qu'on pénètre dans l'intérieur de leur île, aussi est il très-difficile d'avoir des renseignements sur sa constitution. Je grouperai cependant ici ceux que l'on possède d'après les anciens navigateurs ainsi que les détails que j'ai pu obtenir moi-même des marins qui vont commercer dans ce pays:

Tana est formé de montagnes de hauteur moyenne, mais assez uniformes, se terminant au nord-ouest par des falaises à pic: le volcan se trouve dans le sud-est et à 3 lieues environ dans l'intérieur, à partir du fond du Havre qui s'étend devant lui ; il est placé au nord-est de la plus haute montagne de l'île; son cratère, de forme conique, est situé sur une chaîne dont il est le sommet le plus bas; cette chaîne, qui borde ici la mer, n'est point taillée à pic comme ailleurs, mais elle descend, au contraire, avec une pente douce.

Le cône du volcan est complétement stérile; sa couleur générale est le rouge brun; les terrains avoisinants se composent de couches minces, souvent horizontales, de wackes, laves, cendres, ponces, etc. Forster, qui visita ce cratère, y signale aussi *une pierre argileuse mêlée de pierres de chaux*, ainsi qu'une pierre blanche dont les naturels se servent pour orner leurs narines et qui ne serait autre chose que du gypse: Comme cette dernière sudstance manque, à l'état exploitable, dans notre colonie de la Nouvelle-Calédonie, qui n'est éloignée que de 108 lieues, il y aurait avantage à en rapporter en même temps que du soufre : je remarquerai aussi que le gypse accompagne encore le soufre dans ses riches gisements de Sicile.

En 1774, époque où Cook le visita, ce volcan dégageait par intervalles de trois à quatre minutes une épaisse colonne de feu et de fumée: on entendait alors un bruit semblable à celui du tonnerre; il lançait aussi des pierres d'une prodigieuse grosseur : Aujourd'hui le volcan ne semblerait pas avoir la même puissance; il est souvent recouvert de va-

peurs que les lueurs du cratère ne peuvent point traverser de sorte qu'il disparait à la vue.

Les compagnons de Cook constatèrent, au pied du cratère et à un demi-mille environ du rivage, la présence de fissures par lesquelles sélevait constamment de la vapeur; le sol y était si chaud que l'on ne pouvait y poser le pied; un thermomètre plongé dans un trou que l'on pratiqua dans la terre s'éleva en une demi-minute de 26°, 7 C., température de l'air extérieur, à 78° C.; là il resta stationnaire. Dans une seconde expérience faite par Cook lui-même, le thermomètre monta à 98° C.

Dans ces mêmes points la terre contenait une forte proportion d'alun et du soufre qui s'enflammait lorsqu'on creusait le sol à une certaine profondeur.

Au delà de ce *premier solfatare*, ils en trouvèrent deux autres très-analogues. Ils remarquèrent aussi que les explosions semblaient devenir plus intenses lorsque la pluie tombait.

Le volcan vomissait encore sans cesse des quantités prodigieuses de petites cendres noires, que Forster pensait être des *schorls* en forme d'aiguilles à demi transparentes; ces particules recouvraient tout la contrée (*).

Cook signale aussi des sources d'eau chaude dont la température était de 88° à 95° C.; cette eau jaillissait, en bouillonnant, au travers d'un sable noirâtre et au pied même d'un rocher à pic qui se rattache aux montagnes des solfatares déjà signalés; cette eau thermale va se perdre dans la mer.

Dans un récent voyage accompli en 1867 aux Nouvelles-Hébrides par un officier de la marine française, chargé de faire sur cette île quelques observations hydrographiques, on signalait au fond de la baie *Résolution*, sur une plage de sable noir et à droite, une source d'eau chaude, à 60° C. seulement. Cette source doit être celle dont parle Cook;

(*) Nouveau fait à l'appui de la loi de Scrope : *Les laves sortent des cratères toutes cristallisées.*

elle serait donc descendue de la température de 95° C. à celle de 60° seulement, et cela en quatre-vingt-treize années de temps!

Auprès de cette source, à gauche, est un cours d'eau légèrement colorée en noir, mais n'ayant aucun goût particulier.

Des mouvements du sol paraîtraient avoir eu lieu depuis peu dans cette île, car près du port *Résolution*, à la pointe Carteret, en dehors du récif, on voit aujourd'hui pointer des rochers qui n'étaient pas signalés dans la carte que le capitaine anglais Belcker a faite de ces parages.

Nous signalerons encore sur cette île les gisements d'ocre rouge dont les naturels se teignent le corps, et qui se trouvent situés dans le voisinage des solfatares ; enfin la prodigieuse grosseur des produits de la culture et la vigueur extraordinaire de la végétation, que l'on ne peut attribuer qu'à une incomparable fertilité du sol ou peut être, comme on le dit, à la chaleur interne de ce sol.

Ce groupe, si voisin de notre possession de la Nouvelle-Calédonie, offre donc un grand intérêt par ses productions végétales et minérales; le soufre, dont il paraît avoir d'immenses gisements, y devient tous les jours l'objet d'une extraction plus considérable. L'Europe, grâce surtout au percement de l'isthme de Suez, empruntera peut-être un jour à ce pays une partie du soufre qu'elle consomme.

Aperçu sur la constitution géologique de l'île de Tahiti.

Plus de 1.000 lieues séparent Tahiti des grandes terres de l'Amérique et de l'Australie; sa surface n'est que le double de celle du département de la Seine, et 9.000 insulaires au plus, habitent ses rivages; mais si tant d'écrivains éminents, de voyageurs illustres n'ont pas dédaigné de consacrer de longues pages à ce point qui semble perdu au mi-

lieu du vaste océan Pacifique, c'est qu'il était vraiment digne de fixer leur attention, soit à cause de la mer, toujours paisible, bleue transparente qui l'environne, soit par l'aspect de ses montagnes aux mille pics, aux flancs sillonnés de cascades qui étincellent sous les flots de lumière d'un brillant soleil, soit enfin par la beauté et la douceur des indigènes.

L'île de Tahiti est un chaos de montagnes et de pics, dont les pentes ont des inclinaisons tellement exagérées et supportent une végétation si touffue, que les explorations dans l'intérieur deviennent très-souvent tout à fait impossibles.

La forme générale des contours de l'île se rapproche de celle d'un 8 qui serait couché dans la direction ordinaire à ces parages, c'est-à-dire le N.O.-S.E.

De ces deux presqu'îles ainsi accolées, celle du nord, qui est de beaucoup la plus importante, est seule appelée Tahiti par les indigènes, tandis que celle du sud porte le nom de *Taiarapou.*

L'île entière est due à une série d'éruptions volcaniques qui ont eu lieu à des époques différentes et parfois très-éloignées les unes des autres, ce que l'on constate facilement, soit par les natures diverses des roches éruptives, soit par les dénudations qu'ont eu le temps de subir d'anciennes couches avant d'être couvertes par de nouvelles, soit enfin par la superposition des coulées plus jeunes sur les plus anciennes.

Pendant les longues années de calme qui séparaient ainsi parfois deux éruptions, sur la surface assez vaste qui était peut-être alors émergée, des végétaux avaient eu le temps de s'établir; d'un autre côté, des cours d'eau importants devaient aussi couler sur cette terre, si toutefois ce sont eux et non les courants de laves qui ont tracé les sillons profonds que nous avons déjà signalés au milieu de certains dépôts de matières volcaniques; en tous cas les galets rou-

lés et d'assez fortes dimensions qui composent certains agglomérats volcaniques, ne laissent aucun doute sur la présence et la force de ces courants d'eau anciens.

Ces périodes de calme faisaient subitement place à des phénomènes dévastateurs; les trachytes, les dolérites, les basaltes, en un mot toutes les roches figées qui composent aujourd'hui la charpente de l'île, jaillissaient successivement des profondeurs du sol dont elles inondaient la surface; elles remplissaient d'abord les creux et les vallées inférieures qui avaient eu le temps de se former, puis leurs nappes, condensées par le refroidissement, se superposaient avec régularité, comme on peut le voir en plusieurs points de l'île.

Au moment de la dernière éruption importante qui eut lieu, l'aspect de l'île était certainement très-différent de celui que nous voyons aujourd'hui; elle présentait une série de cônes réguliers, en nombre égal à celui des cratères, mais les animaux et les plantes étaient rares sur ces roches encore brûlantes. Cependant le refroidissement s'effectua, le retrait qui suivit fit fendre de toute part les roches nouvelles; les eaux pénétrèrent dans ces crevasses et y coulèrent suivant les pentes, c'est-à-dire vers la mer. A la longue ces lits primitifs se modifièrent, s'élargirent et formèrent enfin les vallées que nous voyons aujourd'hui. Mais bien des siècles furent nécessaires pour effectuer cette transformation!

Les surfaces des roches volcaniques, en se décomposant, fournirent la terre qui recouvre les flancs des montagnes et le fond des vallées; humus fertile, car il contient déjà les éléments les plus propres à la végétation.

C'est ainsi que la vie peut revenir peu à peu avec les plantes, les animaux, les hommes eux-mêmes. Au milieu de ce calme les laborieux zoophytes qui donnent le corail s'établirent en abondance sur les rivages de la côte ouest où les alizées perpétuels ne venaient jamais soulever les

flots contre leurs travaux et les retarder. Du jour où, par leurs soins, une barrière assez puissante fut établie le long de ce rivage, toutes les roches et les débris que les eaux y apportaient des sommets de l'île, purent se déposer dans une eau calme et s'y superposer de façon à donner naissance à cette bande de terre horizontale et fertile qui s'étend sur toute la côte ouest aux pieds des montagnes éruptives et repose souvent sur les bancs madréporiques eux-mêmes.

Sur la côte est, la mer, toujours en mouvement sous l'influence des vents du sud-est, s'est opposé à la progression aussi rapide des coraux, et c'est à peine si une plage étroite a pu se former çà et là entre la mer et le pied des montagnes que battent partout, ailleurs, les incessantes lames de l'Océan.

En même temps, une seconde ceinture de coraux s'établissait principalement sur la côte méridionale et occidentale; celle-ci laisse entre elle et les rivages de l'île un canal profond aux eaux tranquilles, sur lequel peuvent circuler les grands navires eux-mêmes.

Si nous comparons maintenant les structures des deux péninsules, nous voyons de suite, d'après la carte (Pl. VIII, *fig.* 1), que dans chacune d'elles les vallées convergent des rivages vers un centre intérieur; de plus ces deux terres sont exclusivement volcaniques et composées de roches analogues et, bien que les pentes générales des montagnes, les directions et les inclinaisons des bancs de ces deux presqu'îles soient différentes, il n'en est pas moins très-probable qu'elles appartiennent toutes deux à des époques contemporaines. La seule roche de la presqu'île que, jusqu'ici, on n'a point trouvée dans celle du nord, est un trachyte à petits grains d'albite. Je ne pense point qu'un seul cratère ait vomi tous les matériaux qui composent les deux péninsules, mais il a dû y avoir une simultanéité totale plutôt même que partielle, entre les éruptions des anciens

volcans; cette terre, aujourd'hui réunie seulement par un isthme étroit, devait être plus condensée, et l'on voit aisément à la jonction des deux presqu'îles que l'œuvre de dénudation s'y est produite sur une grande échelle. Cet isthme ne se compose encore actuellement que de roches feldspathiques et ferrugineuses, complétement transformées en une argile qui a peu de cohésion, et se laisse entraîner aisément par les eaux.

De même que dans notre Auvergne, les dernières éruptions n'ont laissé ici aucune trace dans les traditions des habitants; mais ce fait, appliqué à un peuple qui n'a pas d'histoire, aurait peu de valeur si l'on n'avait encore, pour attester la haute antiquité de ces roches éruptives, les dénudations, les altérations et les décompositions qu'elles ont subies, dont on pourra juger par la suite de cette note. Nous verrons, en effet, que la constitution de l'intérieur de l'île, c'est-à-dire tout ce qui serait renfermé dans une ligne tracée à une distance de 7 kilomètres des rivages et parallèlement à eux, diffère essentiellement de la zone qui contourne la mer; dans celle-ci, nous trouvons des agglomérats, des pépérinos, des tuffs, des cendres, en couches qui n'ont parfois que quelques centimètres d'épaisseur; ces lits manquent à peu près complétement aussitôt que l'on s'enfonce de 8 à 10 kilomètres dans l'intérieur de l'île. A l'entrée des vallées, où d'habitude on peut voir une coupe plus ou moins élevée du terrain, on aperçoit la superposition des lits, qui, partant du centre de l'île, plongent vers la mer avec des pentes uniformes et faibles; leur épaisseur dépasse rarement 6 mètres; les couches de basalte sont le plus souvent vésiculaires.

Mais dans l'intérieur, c'est tout autre chose: les agglomérats, tuffs, cendres, etc. ont disparu sous l'action des agents de la dénudation ; nous n'avons plus que des roches basaltiques, porphyroïdes, ordinairement compactes, ou bien prismatiques, colonnaires, globulaires: leurs bancs

atteignent parfois des hauteurs de plusieurs centaines de mètres. Ce caractère de compacité dans ces roches doit aussi provenir de leur voisinage des cratères, c'est-à-dire d'une forte chaleur.

En présence de cette différence si tranchée entre l'intérieur et le pourtour de l'île, nous avons divisé sa description géologique en deux parties :

1° L'étude des vallées et des montagnes de l'intérieur ;

2° L'étude de la plage, de ses falaises et de l'entrée des vallées.

Dans la suite de cette note, chaque lieu dont j'indiquerai le nom sera accompagné dans le texte d'un numéro reproduit lui-même sur la carte et à côté du lieu même dont il sera question, de façon à ce qu'on puisse aisément le retrouver. En second lieu, dans chacune des descriptions, nous partirons de *Papeete*, le chef-lieu, et ferons le tour de l'île dans un sens inverse à celui des aiguilles d'une montre.

PREMIÈRE PARTIE.

Description des vallées et des montagnes de l'intérieur de Tahiti.

Dans ce chapitre, nous parlerons seulement de la grande presqu'île où le système de montagnes et de vallées est plus développé.

Toutes les vallées, prolongées idéalement, viendraient aboutir aux environs du pic Orohena (1), le plus élevé de l'île et qui a 2.237 mètres ; ce sommet, à sa partie supérieure et sur une hauteur de plus de 1.000 mètres, se présente sous des angles infranchissables qui varient entre 60° et 90 ; à cause de la finesse de son extrémité, il n'est guère supposable qu'il renferme le cratère que jusqu'ici

on a vainement cherché dans cette île. La structure de cette haute cime est colonnaire ou massive et ne présente aucun banc; elle est reliée, à l'ouest, au sommet *Aorai* (2), par un mur de 1.000 mètres environ de hauteur; l'Aorai, qui est élevé de 2.064 mètres, a été gravi, malgré l'extrême inclinaison de son sommet, mais il n'a rien offert d'intéressant à son intrépide explorateur. Il se compose principalement de wackes dont quelques-unes sont porphyroïdes et contiennent du péridot ou du pyroxène, ou bien l'un et l'autre. Elles affectent aussi parfois la structure cellulaire et renferment de l'hydroxyde de fer.

Vallée de Papeete. (3) — Cette vallée commence aux pieds des flancs de l'Aorai (2) et l'un des sommets qui s'élèvent sur les crêtes qui la dominent a reçu le nom de diadème (4); ce pic est surtout remarquable par ses immenses dentelures qui s'aperçoivent de loin en mer et lui donnent l'apparence d'une couronne; ces dentelures ne seraient pas autre chose que les sommets de pics basaltiques, débarrassés par les eaux des sédiments, cendres, agglomérats, etc., qui les environnaient. Ce sommet s'élève à son extrémité sur une hauteur verticale de 300 mètres.

Dans cette vallée, si l'on remonte le long de la rivière de Tipaerui (5), on rencontre:

1° Des basaltes porphyroïdes, brun foncé, à cristaux de pyroxène et de péridot;

2° Des basaltes ordinaires, des scories rouge foncé et enfin, vers le fond de la vallée, des scories lapillaires, porphyroïdes, qui témoigneraient en ce lieu du voisinage d'un cratère; parfois, ces scories sont accompagnées de cristaux de feldspath, de péridot ou de pyroxène; dans d'autres cas, elles se rapprochent aussi des *pumites*, par leur légèreté et le grand nombre de cellules qu'elles renferment.

Si l'on suit maintenant la gorge dans laquelle court la petite rivière de Piré (6), on rencontre d'abord la montagne de Piré, qui renferme le basalte porphyroïde habituel avec

cristaux de pyroxène et de péridot; puis, une série de couches comprenant successivement, des wackes cellulaires grises, puis brunâtres, puis gris bleuâtre, puis des pouzzolanes rouges, alternant avec les wackes; enfin, des wackes avec péridot et d'autres, couleur lie de vin.

Dans le fond de la gorge du Piré, on trouve une basanite scoriacée grise.

C'est non loin du fond de la grande vallée de Papeete que s'élève, à 600 mètres de hauteur, la montagne de *Fataua* (8), qui fut le dernier retranchement des chefs indigènes à l'époque où ils luttaient contre notre domination; la trahison seule put les atteindre sur cette muraille verticale, du haut de laquelle s'élance, en superbe cascade, un cours d'eau tout entier; ce sommet est formé de différentes roches qui sont principalement :

1° Un basanite gris;
2° Une mimosite noirâtre;
3° Un basanite gris avec péridot;
4° Un basalte noir avec péridot décomposé;
5° Une wacke cellulaire brune avec péridot
6° Une scorie brune avec cristaux de pyroxène;
7° Une wacke amygdalaire grise avec cavités tapissées de quartz hyalin;
8° Une wacke cellulaire rouge foncé;
9° Une scorie lapillaire rouge avec péridot;
10° Une pouzzolite rouge foncé.

Dans cette vallée, la structure colonnaire des basaltes est bien indiquée; près de la cascade, leurs colonnes convergent au même point et forment une espèce de fuseau.

A l'embouchure de la grande vallée de Papeete, s'élève le chef-lieu de l'île (9); aussi a-t-elle été l'objet d'un très-grand nombre d'excursions; entre autres documents, elle a fourni à la géologie un morceau de lave au milieu duquel étaient empâtées des branches d'arbres, transformées en charbon; indice certain qu'une végétation avait eu le temps

de s'établir sur l'île avant l'extinction définitive des volcans.

Vallée de Punaauia (10). — Cette vallée, une des plus grandes de l'île, vient immédiatement après la précédente; elle se prolonge jusqu'aux pieds des pics *Orohéna* et *Aorai* qu'elle contourne.

Ces vallées présentent une particularité remarquable, c'est qu'à une certaine distance de leur embouchure elles viennent toutes se buter aux pieds d'un cirque vertical plus ou moins élevé, du haut duquel la rivière forme cascade. Si, au prix de mille fatigues, on franchit cet obstacle, on arrive sur une surface plane, plus ou moins importante, sur laquelle débouche une nouvelle gorge qui sert de lit à la rivière jusqu'à ce qu'un nouveau cirque vienne encore entraver la marche. Ordinairement la vallée se termine définitivement ainsi contre un mur vertical de plusieurs centaines de mètres de hauteur, tout à fait infranchissable pour ceux qui arrivent par le fond de la vallée.

Les choses se passent exactement de cette manière pour la vallée de Punauia : si l'on y suit le cours d'eau principal, celui de Punaauru (11), on rencontre, à une distance de 7.000 mètres environ de la mer, un premier cirque aux parois verticales: au-dessus, c'est le plateau de *Tomanu* (12), large de 5 à 6 kilomètres, et dont les contours se terminent par des berges à pic, des précipices de 300 à 400 mètres de hauteur. Des reliefs aussi inaccoutumés dans l'écorce terrestre, dominés encore à plus de 1.000 mètres par les pics aigus et nuageux de l'*Aorai* et de l'*Orohéna*, sont un excellent exemple de la manière d'être des roches volcaniques après que des siècles de dénudation ont passé sur elles ; aussi, en présence de ce spectacle, le savant Dana, habitué cependant aux grandioses paysages du Nouveau-Monde, s'était-il écrié :

« It is n all the world the most instructive and wonderful about volcanic rocks. »

Dans cette vallée on rencontre principalement un basalte amygdalaire noir, à rognons de mésotype aciculaire; on y a aussi trouvé un fragment de basalte, sur lequel se dessinait avec une grande netteté l'empreinte d'une fougère qui existe encore dans l'île, ainsi que celle d'un coléoptère; ce curieux échantillon fut donné par celui qui l'avait trouvé à un naturaliste anglais qui se rendait à Melbourne.

Ainsi, lorsqu'on veut parvenir aux sommets des pics intérieurs, il ne faut point suivre les thalwegs des vallées, qui tous cependant prennent cette direction, mais il faut remonter suivant les crêtes à parois si roides qui dominent ces gorges; on s'engage ainsi au milieu d'épaisses broussailles extrêmement difficiles à franchir et le long de crêtes aigues qui dominent à droite et à gauche des précipices de plusieurs centaines de mètres de hauteur.

Vallée de Maraoa (13). — Nous remontâmes la rivière de Maraoa (13), dont l'embouchure est placée sur la vaste et belle concession agricole de MM. Soares et compagnie; comme toujours, les berges qui surmontent ce cours d'eau sont très-fortement inclinées et recouvertes d'une riche végétation, mais complétement impénétrables sans le secours de la hache; à 6 kilomètres environ, nous étions en présence d'un cirque où le cours d'eau forme cascade; au-dessus c'est un plateau, puis une gorge, puis un cirque, et ainsi de suite.

Nous rencontrâmes surtout des basaltes avec de volumineux cristaux de pyroxène.

Vallée du lac de Vaihiria (14). — A son entrée, cette vallée est assez large et présente un sol très-fertile; au bout de 7 à 8 kilomètres environ, elle se resserre et offre ensuite sur ses flancs une succession de cirques, dont les parois verticales bordent la rivière et obligent à la traverser à chaque instant, d'autant mieux que des chutes d'eau plus ou moins importantes s'élancent du haut de ces cirques. Nous avons ainsi traversé cent douze fois ce torrent; sa pente est

très-forte, son lit est couvert de galets ronds et mobiles qui obligent à prêter une grande attention à sa marche, sous peine de glisser et de se voir emporté plus ou moins loin par ces eaux rapides et tumultueuses.

Souvent, vers le centre de la circonférence du cirque, on observe des cônes de 100 à 200 mètres d'élévation, derniers vestiges et témoignages des montagnes qui existaient là autrefois et que les eaux ont rongées à la longue. La rivière contourne ces pains de sucre en se divisant d'habitude en deux bras.

Au bout de cinq heures d'une marche très-pénible, nous étions en un point où la rivière se sépare en deux torrents, qui contournent une muraille de roches élevée et presque verticale, qu'il nous fallait gravir ; c'est seulement par infiltrations à travers ce mur que les deux torrents se forment, car, à une certaine hauteur, ils disparaissent totalement. Une multitude de *Feis*, cette banane sauvage si précieuse pour l'alimentation des indigènes, s'élèvent de toute part dans ce lieu abrité comme une véritable serre.

Nous franchîmes cet obstacle en suivant sur notre droite une pente très-roide ; nous longeâmes pendant quelques instants une faille à peine large de 1 mètre et qui semblait extrêmement profonde ; nous passâmes auprès des débris d'un fort (15) élevé par les Tahitiens à l'époque de leurs guerres contre nous, et c'est dans la faille que je viens de citer que, de peur de profanations de notre part, ils faisaient à jamais disparaître les cadavres des leurs. Mais là n'est pas seulement l'intérêt que présente cette solution de continuité dans le sol ; elle nous servira à expliquer la formation d'un lac, dominant ainsi une vallée, à la suite de la chute ou du glissement d'une masse énorme de roche, qui serait ainsi venue se mettre en travers de cette gorge et intercepter le passage du torrent.

Arrivés au sommet de ce pénible passage, nous étions sur un vaste plateau, extrêmement fertile ; on traverse cet

espace, on remonte pendant quelques instants une croupe ou plutôt une forte ondulation de terrain, on redescend un peu, on sort subitement des fourrés qui cachent l'horizon, et l'on est en présence du lac de Vaihiria (16), élevé de 432 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ce lac occupe la partie inférieure d'un vaste entonnoir, ouvert seulement à peine du côté de la vallée par laquelle on arrive; le long des parois de ce cône renversé, mille cascades éternelles descendent d'un bond jusqu'à ses pieds; les lignes blanches qu'elles tracent dans l'air contrastent vivement avec les couleurs brunâtres de ces berges élevées, qu'assombrissent encore constamment de gros nuages qui se meuvent avec lenteur sur leurs sommets et sur leurs flancs; le mugissement de ces eaux en furie trouble seul cette sauvage solitude et l'on imaginerait difficilement un spectacle qui offre plus de majesté et de grandeur.

Il pleut presque toujours à ces altitudes, ce qui s'explique par le refroidissement qu'éprouvent les couches basses des brises de la mer, toujours à peu près saturées d'eau, lorsqu'elles remontent le long des flancs de ces montagnes où la température est assez basse.

Les bords du lac, à droite et à gauche du point d'arrivée, sont impraticables, et pour se rendre sur l'autre rive, on est obligé de traverser à la nage, à demi supporté par quelques tiges de *Feis* juxtaposées. C'est en évaluant le temps employé par un indigène pour se rendre ainsi sur l'autre bord que nous avons eu une première appréciation sur la largeur du lac. Cet homme mit seize minutes pour passer sur l'autre rive, et il parcourait environ 35 mètres par minute : total, 560 mètres.

Une balle de fusil lancée horizontalement, après plusieurs ricochets, allait bien près de l'autre bord, et nous calculions que la portée de nos balles, dans les circonstances de l'opération, était de 500 à 600 mètres.

La largeur du lac n'est que d'environ 150 mètres.

Pour avoir sa profondeur, je me plaçai avec une sonde cheval sur deux tiges de *Feis*, réunies par des chevilles de bois ; j'avais ainsi tout le buste hors de l'eau et je ramais avec les mains. J'obtins ainsi les sondages suivants :

A 15 mètres environ du bord.	4 mètres de profondeur.	
A 25 mètres environ du bord.	8	—
A 35 mètres environ du bord.	10	—
A 40 mètres environ du bord.	9	—
A 50 mètres environ du bord.	10	—

A partir de ce moment, les profondeurs du lac n'augmentent que très-lentement, le fond était vaseux. Lors du passage de Dana, sa profondeur au milieu fut estimée à 30 mètres.

Il est tout naturel que cette profondeur soit faible et à peu près uniforme, car tous les détritus, les roches, les sables, etc., qui y sont entraînés à chaque instant n'en peuvent plus sortir et se superposent dans le fond. Il viendra certainement une époque, qui n'est peut-être pas très-éloignée, où le fond atteindra le niveau actuel ; on n'aura plus alors qu'un marécage qui s'élèvera peu à peu à son tour, jusqu'à ce qu'il puisse se déverser par dessus la croupe, haute d'une quinzaine de mètres, qui le sépare de la vallée. Il serait même fort intéressant de faire périodiquement le relevé de l'épaisseur de la couche alluvionnaire qui a pu se déposer; on arriverait ainsi à voir approximativement à quelle époque les eaux pourront franchir leurs digues.

Aujourd'hui, grâce à ce petit lac, dont le niveau s'élève dans les grandes pluies et s'abaisse pendant les sécheresses, les plages et terrains cultivables qui appartiennent à la vallée de Vaïhiria ne craignent ni les inondations ni le manque d'eau, avantages qui disparaîtront le jour où ce réservoir naturel déversera directement ses eaux dans la vallée.

C'est donc par évaporation et infiltration seulement que se réduisent les eaux de ce lac; mais on s'est bien souvent demandé jusqu'ici d'où provenait une aussi importante cavité; les uns voyaient là un cratère, mais l'absence de toute lave, scorie ou cendre suffit pour éloigner cette idée; les autres pensaient qu'un affaissement du terrain avait produit cet abîme; enfin Dana, avec plus de raison, y vit seulement une vallée qu'un immense éboulement avait barrée. Cette opinion semble bien ratifiée par la séparation profonde que j'ai pu constater entre la masse rocheuse qui entrave la vallée et une des parois de celle-ci, et que j'ai signalée sur le sentier qui conduit sur le plateau du lac; d'un autre côté, ce vaste amphithéâtre qui entoure le lac est semblable à ceux qui forment d'habitude le commencement des vallées du côté de l'intérieur.

Si on traverse le lac et que l'on gravisse la chaîne de montagnes qui le borne au nord, en peu de temps et par le col d'Uru-Faaa (17), élevé de 884 mètres, on peut passer dans la plus grande vallée de l'île, celle de *Papenoo* (18), de là se rendre sur l'autre rive; c'est la seule voie que l'on pourrait suivre un peu aisément pour traverser l'île.

Les roches que l'on rencontre dans la vallée du lac n'offrent rien de particulier; cependant les hautes montagnes qui dominent le lac présentent une stratification assez peu commune dans l'intérieur, la coupe (Pl. VIII, *fig.* 2) en est une reproduction :

1. Basalte porphyroïde et ferrugineux;
2. Scories avec zéolithes;
3. Basalte porphyroïde et ferrugineux;
4. Basalte cellulaire;
5. Scories à cavités remplies de stilbite;
6. Scories avec arragonite;
7. Scories avec zéolithes;
8. Basalte porphyroïde et ferrugineux, décomposé;
9. Terre végétale et argile;
10. Dike de basalte schistoïde.

On voit qu'un immense dike de basalte incliné court au travers des bancs de ces diverses roches volcaniques, qu'il ne paraît pas avoir dérangées de leur horizontalité. Il arrive encore assez souvent, dans l'intérieur, que les couches de basalte soient séparées par des bancs de scories rougeâtres ou par des wackes.

On rencontre encore autour du lac des fragments épars d'hydrate de fer.

Vallée de Tutaviri (19). — Un peu avant d'arriver à l'isthme et dans le district de Papeari (20), nous remontâmes la vallée de *Tutaviri* (19) ; le sentier suit le bord de la rivière, qui coule sur un lit de basaltes, plus ou moins pénétré de cristaux de pyroxène, péridot, etc. Nous avions surtout entrepris cette excursion pour voir des *requins de pierre*, disaient les naturels. Ce n'étaient que des roches volcaniques de forme bizarre, qui, dans l'imagination seule des indigènes, présentaient quelque analogie avec ces animaux.

Dans le bas de cette vallée, on rencontre au milieu d'une riche végétation, des bambous très-épais et très-élevés qui forment de toute part d'immenses bouquets.

Vallée de Papenoo (18). — C'est la plus vaste de l'île ; elle présente cette particularité remarquable de s'élargir en remontant vers son sommet de façon à entourer dans le centre de l'île un grand espace presque circulaire. Les montagnes qui bordent ce contour, ont une douceur de pente relative vers le fond de la vallée, mais ailleurs elles deviennent presque verticales et inaccessibles.

A une distance de 10 à 12 kilomètres des rivages de la mer, la vallée est barrée par une immense muraille verticale de plus de 300 mètres de hauteur, du haut de laquelle se précipite la rivière ; à droite et à gauche, les parois de la vallée, couverte d'une impénétrable végétation, ne permettent point de poursuivre sa marche. Dans cette vallée, de même que dans celle de Punaauia (10) dont nous avons

parlé, on observe plusieurs dikes dont les inflexions sont très-grandes ; ainsi ils passent souvent de la position verticale à la position horizontale, et les tuffs ou autres bancs qu'ils traversent sont seulement frittés sur une épaisseur de quelques centimètres ; leur horizontalité même n'a point été troublée.

Les eaux de la rivière roulent diverses dolérites, qui ont été prises par Dana lui-même pour des *diorites* et même des *syénites* ; ce sont :

1° Dolérites à petits grains blancs verdâtres ;

2° Dolérites stratiformes, à bandes rosâtres et noirâtres ;

3° Dolérites à gros grains noirâtres ;

4° Dolérites à petits grains vert brunâtre ;

5° Dolérite micacée ;

6° Une rétinite quartzifère, porphyroïde, d'un assez beau vert et susceptible d'un beau poli ;

7° Des trachytes phonolites porphyroïdes, à géodes tapissées de cristaux de calcaire et de zéolithes, analcime et stilbite ;

8° Des basaltes cellulaires passant à l'état vitreux ;

9° Des trachytes porphyroïdes avec cristaux de ryacolithe et amphibole, etc. ;

10° Des scories stratiformes à petites cellules d'égale grandeur ;

11° Des wackes porphyroïdes, amygdalaires, brunes, à cristaux de pyroxène et rognons argileux ;

12° Des wackes porphyroïdes, brun verdâtre, cellulaires avec cristaux de feldspath.

Vallée de Matavai ou Tuauru (21). — Dans cette vallée, on observe une muraille basaltique de 100 mètres environ de hauteur, qui est formée de colonnes basaltiques très-nettes ; elles ont environ 15 centimètres de diamètre, leurs joints transversaux ne sont pas réguliers ; elles offrent ainsi de très-remarquables effets de convergence.

A l'ouest de Matavai, auprès de *la colline d'un seul arbre*,

le tuf est coupé par des dikes qui vont au sud et à l'est; leur largeur varie entre 1 et 6 pieds. Ils tiennent de petites cavités, dans *la colline d'un seul arbre*, qui semblent remplies de natrolites; ils sont aussi un peu pyriteux.

Montagnes et vallées de la presqu'île de Taiarapu (22). — La plus haute montagne de cette presqu'île est située dans la région du Niu (23), et s'élève à une hauteur de 1.324 mètres. L'arête qui parcourt cette péninsule dans sa plus grande longueur offre une nombreuse série de points culminants qui s'élèvent à environ 1.200 mètres. Auprès de Taravao (24), il existe cependant un plateau assez important, à pente douce, qui présente quelques pâturages, chose rare dans cette île où le sol est habituellement couvert d'arbres et d'arbustes.

On a encore peu pénétré dans les gorges qui remontent vers ces sommets élevés; cependant celle de Teahupo (25) présente des roches analogues à celles de la grande presqu'île; ce sont :

1° Des basaltes porphyroïdes, brun violâtre, avec cristaux de pyroxène;

2° Des basanites gris;

3° Des basaltes porphyroïdes scoriacés, bruns, à cristaux de pyroxène;

4° Des scories lapillaires, rouge foncé;

5° Des wackes brun violâtre.

Les hautes montagnes du centre paraissent formées de wackes cellulaires, brun jaunâtre, de pépérites rouge foncé; enfin sur les sommets, on trouve de l'hydrate de fer compacte.

Dans la vallée d'Afaahite (26), les basaltes gris foncé se présentent en couches puissantes.

DEUXIÈME PARTIE.

Description géologique des falaises, de la plage et de l'embouchure des vallées de l'île de Tahiti.

Nous avons vu qu'une bande de terrain à peu près horizontale fait le tour de l'île; c'est le long de cette plage que la végétation se montre dans tout son luxe; les forêts de cocotiers, d'orangers, de papayers, les arbres à pains, etc., y forment un dôme élevé et d'épais rideaux de verdure.

Les indigènes s'échelonnent sur cette ceinture fertile; leurs villages les plus importants se trouvent au point de sa plus grande largeur, c'est-à-dire vers l'embouchure des vallées, tandis que les environs des pointes sont déserts.

La largeur de cette plage varie entre 1 et 3 kilomètres; son altitude au-dessus du niveau de la mer est en moyenne de 4 mètres; elle repose souvent sur des bancs de coraux, un voyageur anglais (J. G. Jawkins, *Quarterly journal*, p. 383, 1856), prétend avoir assisté au percement d'un puits auprès de la ville de Papeeté, et l'on aurait trouvé, sur une profondeur de 25 pieds, cinq bancs alternatifs de coraux et de cendres volcaniques. « Le même fait, ajoute l'auteur, se reproduit à Oahu, l'une des Sandwich, au pied d'un volcan éteint, nommé le *Bol de pierre*, qui resta plein d'eau jusqu'en 1837, époque où un tremblement de terre le fit disparaître. »

Néanmoins l'alternance des coraux et des cendres à Tahiti aurait probablement besoin de confirmation, d'autant mieux que M. Yawkins prétend encore avoir trouvé, en gravissant les sommets de l'île, *plusieurs bancs de coraux* alternant avec des matières volcaniques; tandis que les autres explorateurs — à part quelques blocs de coraux isolés trouvés dans certaines vallées — n'ont jamais pu, malgré leurs recherches, mettre la main sur un seul banc régu-

lier de coraux anciens; d'où l'on pourrait raisonnablement conclure que les coraux isolés dont il s'agit (et ce fait lui-même, qui est seulement à l'état de légende, n'a jamais reçu de confirmation sérieuse) ont été apportés par la main des hommes, et que le voyageur anglais aura pris dans la montagne, pour des coraux, quelques bancs de roches volcaniques cellulaires pseudo-cloisonnés. Le puits dont il est question a dû rencontrer çà et là quelques coraux épars au milieu des alluvions, et enfin le banc de corail sur lequel toute la couche s'appuie habituellement.

L'élévation au-dessus du niveau de la mer, des coraux sur lesquels repose la plage, semble être seulement de 40 à 50 centimètres, ce qui est bien loin des changements de niveau que nous avons observés dans la plupart des autres îles; cependant je signalerai ici une observation importante qui me fut faite par M. Bonet, chef d'état-major à Tahiti, c'est que *depuis* 1861 on a constaté un abaissement certain de l'île de Tahiti ; ainsi le chemin par lequel on se rendait de Pueu à Tautira (39), dans la presqu'île, se trouve aujourd'hui complétement immergé dans le voisinage de *Tautira*, et l'on a dû en creuser un nouveau dans le roc. Ce ne peut-être ici la dénudation qui, en un si court espace de temps aurait fait disparaître l'ancien chemin, puisqu'il était aussi taillé dans le roc.

Une deuxième preuve de cet abaissement de l'île, c'est qu'à la pointe Vénus (47), un petit phare qui avait été élevé *en* 1850, à 50 mètres environ du bord de la mer, a été envahi par ses eaux, et l'on en a dressé un nouveau; il est vrai de dire que dans ce point la plage ne présente qu'une pente très-douce.

Nous allons maintenant partir de Papeete, le chef-lieu, et faire le tour de l'île et de la presqu'île, en suivant un sens inverse de celui des aiguilles d'une montre.

En quittant *Papeete* (9), la bande de terrain, d'abord

étroite, va en diminuant jusqu'à la pointe de Faaa (27) où elle est nulle. Avant d'arriver à cette pointe, on rencontre une carrière de laquelle on extrait presque tous les moellons employés pour les constructions de la ville. Cette roche se compose d'une pâte feldspathique grise, souvent en décomposition et enveloppant de petits cristaux de pyroxène. Aux promontoires de Taharaa et de Tataa (28), les couches de conglomérats, de tuffs, entremêlées de débris de coraux, ont cela de particulier qu'elles plongent vers l'intérieur de l'île.

A la pointe de Faaa, le chemin est taillé dans les flancs d'une colline qui borde la mer, et qui est constituée par une scorie rouge, ferrugineuse, qui, par sa décomposition, produit une argile rougeâtre, mêlée de parties grises ; au milieu de ces argiles ou wackes, sont des portions sphéroïdes plus dures, dont la décomposition est moins avancée.

Les mêmes roches se retrouvent au village de Faaa. Ici la bande de terrains est plus large, mais, au delà du village, elle va se rétrécissant ; le chemin est de nouveau taillé dans des collines, dont le pied est baigné par la mer et qui sont formées par une scorie à pâte rouge et à cristaux de pyroxène. Par la décomposition de son feldspath, cette scorie donne des argiles très-rouges, très-ferrugineuses, servant en ce moment à fabriquer des briques dont la qualité est très-inférieure. Les moyens employés pour la confection de ces produits ne sont peut-être pas bien appropriés à la nature de l'argile, peut-être aussi l'excès de fer et de matières grenues s'oppose-t-il encore à leur cohésion. Les bancs non décomposés de cette scorie fournissent une pierre à bâtir assez généralement employée ; elle est facile à tailler, mais peu résistante et par suite de peu de durée.

On suit après cela une plage sablonneuse jusqu'au village de *Punaauia* (29); le long de cette route, les montagnes, bien que couvertes d'une riche végétation, offrent des pentes très-roides se repliant souvent en forme de cirque. A partir

de Punaauia, la bande de terrains se continue assez large jusqu'à Maraa (30), en traversant les sables et le district de Paea (31). A Maraa (30), les montagnes arrivent jusqu'au bord de la mer et présentent d'abord une échancrure intérieure, circulaire et verticale de 150 mètres environ de hauteur. Aux pieds du cirque ainsi formé sont deux grottes dont la première, la plus remarquable, à une profondeur de 100 mètres environ. Elle est remplie d'une eau assez profonde qu'alimentent de nombreuses infiltrations qui tombent en pluie des parois de la voûte sur laquelle les eaux ont déposé un tapis d'un calcaire terreux, ferrifère, coloré en rose par des matières végétales probablement. Intérieurement, cette grotte a la forme d'un demi-cône à large base dont le sommet est le fond de la grotte et la base son ouverture ; cette disposition produit un effet d'optique remarquable, c'est-à-dire que l'observateur, placé à l'entrée de la voûte, croit voir le fond de la grotte à une distance très-courte, et il est tout étonné qu'en jetant devant lui une pierre avec force, bien loin d'atteindre le fond de la caverne, le projectile tombe à peine au milieu de cette distance.

La seconde grotte est semblable à la première, si ce n'est qu'elle est plus petite et qu'au lieu d'eau limpide elle renferme une eau bourbeuse.

De Maraa à Papara (32) et de là Atimaono (33), la bande de terrain s'élargit de plus en plus; dans ce dernier point elle atteint une largeur de 3 kilomètres environ; c'est sur cette plaine fertile que sont établies les vastes plantations dont nous avons déjà parlé.

D'Atimaono (33) au village de Papeuriri (34) la bande de terrain est encore assez large, et l'on rencontre les mêmes roches volcaniques que nous avons signalées.

Entre Papeuriri et Papeari (20), la plage est coupée par une pointe qui s'avance jusqu'à la mer; un peu plus loin on voit surgir du sol des sources nombreuses et assez abondantes pour donner subitement naissance à une petite ri-

vière; les indigènes pensent que ces eaux viennent du lac de Vaihiria; mais le long de ces rivages on rencontre fréquemment des sources semblables, bien qu'elles soient moins importantes, et l'on peut simplement attribuer leur origine à l'infiltration facile des eaux au travers des bancs de roches cellulaires, caverneuses, si abondantes au milieu des montagnes de l'intérieur. Plusieurs de ces sources sont ferrugineuses et laissent déposer de grandes quantités de peroxyde de fer; leur température est de 22° et le dégagement d'acide carbonique doit être très-faible, car on ne le remarque pas.

Au delà de ces sources, la plage s'élargit considérablement, et l'on commence à apercevoir en face de soi la presqu'île aux montagnes régulièrement inclinées.

A Papeari (20) le sol s'étend, vaste et fertile, aux pieds de la vallée de Tutaviri (19).

Au sortir de Papeari, sur la route de Taravao (24), on rencontre à Tefaau (35) des argiles provenant de la décomposition d'une roche feldspathique, qui affecte la forme sphéroïdale; on y distingue des cristaux de péridot, de couleur jaune et déjà à demi transformés en argile; de petits filons d'un silicate magnésien blanchâtre, translucide, onctueux, découpent les bancs de cette roche.

Des argiles rouges, semblables à celles que nous avons vu employer pour la fabrication des briques, recouvrent les bancs de cette roche.

L'isthme de Taravao (24) a 2.200 mètres environ de largeur; dans son milieu il présente un col assez bas qui réunit les deux péninsules; ce col est principalement composé de wackes et d'argiles assez tendres; c'est, au reste, à la suite de la transformation en argiles des roches volcaniques de cette partie de l'île que cet isthme s'est formé, car les eaux ont pu facilement, à la longue, entraîner dans leur cours les argiles provenant de cette décomposition.

L'isthme contient encore un basanite porphyroïde gris, à

cristaux de pyroxène et d'amphibole; enfin, des couches d'un hydrate de fer globulaire brun.

Poursuivant notre excursion autour de la presqu'île, nous visitâmes d'abord les collines qui s'élèvent au-dessus du marais de *Mitirapa* (36) ; nous les trouvâmes composées de couches puissantes d'un basalte gris foncé. De Taravao à Vairaoo (37) la plage est étroite; dans ce dernier point et dans la vallée, on rencontre des bancs d'un basalte scoriacé noir, avec péridot, de peu d'épaisseur et inclinés ; ils alternent avec d'autres roches.

Au promontoire de Ririi (38) on traverse des argiles grises, abondantes, qui semblent avoir été soumises à une forte chaleur et s'être fendillées sous son action ; ce ne sont autre chose que des wackes, que l'on avait pensé à employer comme kaolin ; elles sont facilement fusibles au chalumeau en un émail noir. A ces argiles succèdent des blocs arrondis et de transport d'un feldspath blanc grisâtre assez pur, mais aussi en décomposition. Plus loin, la route coupe un morne qui est formé de la roche précédente en place ; elle affecte la forme sphéroïdale ; sa couleur est variable et passe du blanc sale au gris clair ; elle est parcourue par de nombreuses fissures par lesquelles se sont infiltrées des matières ferrugineuses qui altèrent encore la coloration naturelle de la roche.

En quittant ce point, nous nous trouvâmes en face des plus importants agglomérats volcaniques que nous eussions rencontrés jusqu'ici : c'étaient des poudingues assez grossiers, passant parfois à des pépérinos à grains fins ; la direction des premiers bancs est le N.-O. : S.-E. ; leur inclinaison est 30° N. Au bout de quelques centaines de mètres, les inclinaisons de ces roches changent, tout en conservant la même direction ; elles inclinent alors vers le sud. Ce qui offre une nouvelle preuve des mouvements auxquels ces bancs ont été soumis, c'est qu'ils sont ondulés en différents points ; ailleurs ils sont coupés par des failles.

Les agglomérats à gros grains contiennent des fragments assez volumineux des basaltes porphyroïdes à cristaux de pyroxène, si fréquents dans toute l'île où ils dominent de beaucoup toutes les autres roches. Les éléments de ces conglomérats étaient plus gros que ceux que nous avons eu jusque-là l'occasion d'observer et qui ne dépassaient pas un diamètre de $0^m,08$ à $0^m,10$.

Les pépérinos à grains fins ont ici des éléments très-arrondis, tandis que dans d'autres points de l'île leurs angles sont vifs, surtout ceux qui ne sont point sur les rivages; ces pépérinos arrivent quelquefois à n'être simplement qu'un tuff terreux qui ne contient dans sa masse que des cristaux isolés de péridot ou de pyroxène.

Ces agglomérats sont cellulaires et leurs cavités sont ordinairement remplies par des concrétions calcaires; dans l'une d'elles, nous trouvâmes les débris d'un végétal, à peu près indéterminable; il est probable que des fouilles au milieu de ces bancs amèneraient la découverte de fossiles assez bien conservés pour permettre d'assigner peut-être une date à leur formation.

Ces agglomérats, du côté de l'intérieur, s'appuient sur les roches éruptives et ne se montrent au-dessus de la mer que sur une petite surface, formant en cet endroit une sorte de pointe.

Faute de temps, nous n'avons pu exactement établir quelle était la roche qui avait ainsi soulevé et disloqué ces agglomérats; mais l'abondance des basaltes dans cette région nous fait penser que c'est à ces roches qu'il faut l'attribuer.

Le basalte commun semble plus abondant sur cette presqu'île que sur l'autre, et ses débris y jonchent souvent les rivages; dans ces parages, les sables sont aussi fort riches en fer oxydulé et en fer titané; le premier, en cristaux octaédriques, fait étinceler le sol sous la lumière du soleil. On rencontre le même sable dans plusieurs autres districts

de l'île, et il est à remarquer que dans les points où il existe, la plage, non protégée par une ligne de récifs, est constamment battue par les lames; le sable est blanc, au contraire, lorsqu'une barrière de corail garantit le rivage des assauts de la mer; je pense que cet état du sable provient de ce que, dans le premier cas, les sables étant lavés par les lames, les grains pierreux, de plus faible densité, sont entraînés et que les autres, bien plus lourds, restent sur place, noircissant le sol par leur abondance.

Comme dans la plupart des pays volcaniques, à Tahiti, les roches basaltiques et certaines scories sont tellement chargées de fer oxydulé que les observations au moyen de la boussole sont considérablement troublées; à cet égard, je citerai une remarque qui me fut faite pendant mon séjour dans l'île par M. Kulczycky, l'auteur de la carte même du pays, à savoir que, sur les cols qui relient des montagnes entre elles, l'aiguille aimantée indique subitement des variations de 20° à 22°. Cet ingénieur donne pour cause à ce phénomène la présence de courants électriques qui suivraient ces cols et auraient une intensité suffisante pour produire sur l'aiguille la déviation remarquée. Des déviations analogues observées dans d'autres contrées et particulièrement dans l'île de Santorin, ont été attribuées, d'une manière exclusive, au fer oxydulé des roches; si cela était, il me semble qu'en faisant le tour des pics, l'aiguille tendrait à dévier toujours dans la direction du pic, tandis qu'il n'en est pas ainsi. Je pense donc que des déviations aussi fortes de l'aiguille doivent être attribuées surtout à des courants électriques.

Dans le village de Teahupoo (25), nous trouvâmes chez un colon français, nommé *Darcin*, un instrument qui attira de suite notre attention par la nature de la pierre dont il était composé; il s'agissait d'un *penou*, sorte de gros marteau sans manche, que l'on trouve dans toutes les cases des indigènes auxquels il sert pour écraser des fruits ou des

racines; d'habitude, cet instrument est taillé dans un fragment de basalte, tandis que celui que nous avions sous les yeux était fait d'un beau marbre blanc, légèrement cristallin. Malgré les nombreuses questions que nous adressâmes aux gens du pays sur l'origine de ce *penou*, il ne nous fut pas possible d'obtenir un éclaircissement quelconque; sa forme était exactement celle de tous les marteaux de ce genre. Provenait-il encore de quelque terre voisine aujourd'hui abîmée sous les eaux? A-t-il été apporté d'un autre archipel dans lequel le marbre existait? Cette dernière opinion nous sembla d'abord la plus probable, d'autant mieux que les Tahitiens ont de nombreuses relations avec les îles voisines, les Marquises par exemple, et que dans les îles Houa-Pooa, placées au nord-ouest de cet archipel, on a signalé des éléments autres que les produits volcaniques; *des aiguilles élevées de pierre blanche; des roches grises en couches parallèles, inclinées à l'horizon et d'autres horizontales* (*). Mais, en réfléchissant davantage à cet instrument de calcaire, j'ai pensé qu'il n'est pas autre chose qu'un marbre coralligène, tel que nous avons vu qu'il en existait dans l'île Metia, de l'archipel des Pomotou, voisin de Tahiti et en relation avec elle. J'ajouterai cependant que ce marbre est fort beau et pourrait, s'il est abondant, devenir l'objet d'une exploitation commerciale.

A partir de Teahupoo (25) jusqu'à Tautira, la bande de terrains est à peu près nulle; les montagnes offrent une série de pics très-aigus, isolés quelquefois ou se reliant par des chaînes aux contours bizarres; je citerai parmi ceux-ci le pic *uré* (61) (*hominis phallus*, c'est ainsi que le nomment les naturels dans leur langage imagé et naïf); cette aiguille a environ 40 mètres de hauteur, et domine la chaîne centrale de la presqu'île, élevée elle-même en ce point de 1.200 mètres environ (Pl. VIII, *fig.* 3).

(*) Relation du capitaine Marchand, 1791. — Iles Marquises: Vincendon Dumoulin et Desgraz, pages 156 et 158.

A 150 mètres environ du rivage, un peu avant d'arriver au sud de la presqu'île, dans un terrain marécageux, on rencontre la grotte de *Vaipoiri* (eau sombre) (60), elle semble formée par un bloc énorme de rocher, éboulis de la montagne voisine, qui aurait roulé dans une vaste excavation du sol, qu'il ne remplit que partiellement, car, entre le bloc et l'excavation s'ouvre une large crevasse, qui descend à pente assez roide pendant une longueur de 10 mètres environ; là on se trouve en présence d'une pièce d'eau de 30 mètres de longueur sur 20 mètres de largeur; cette eau souterraine est potable et très-fraîche; les fils de rois, dit la légende, venaient autrefois s'y baigner, aussi en aurait-elle conservé la propriété de dégager de la lumière, lorsqu'elle est agitée avec un bâton; les indigènes ne manquent donc pas de battre l'eau en arrivant dans le fond de la grotte, et c'est à cette précaution qu'ils attribuent de pouvoir distinguer les objets environnants après quelques minutes de séjour dans cette grotte obscure.

Au sud de la presqu'île la mer vient briser avec une très-grande force contre la base des montagnes qui longent la mer; le passage par terre est alors à peu près impossible, et par mer il offre aussi beaucoup de danger, car la violence des lames est telle que la plus petite erreur du pilote peut briser l'embarcation sur les rochers.

Peu après avoir doublé la pointe sud, on se trouve en présence d'un enfoncement dans les rochers, nommé *Terurua* (40); la montagne est formée de coulées de basalte porphyroïde avec cristaux de pyroxène.

Dans la partie est de la presqu'île s'élève un cône nommé *Mataorio* (41), il a 700 mètres de hauteur et se fait remarquer par la face abrupte qu'il présente à la mer.

Sur cette côte jusqu'à l'isthme, ce ne sont plus que cônes plus ou moins élevés, arrondis ou triangulaires, ils se présentent souvent par séries, juxtaposés, appuyés contre une chaîne dont la ligne de faîte est parallèle à la ligne qui

joindrait leurs sommets; des cols de différentes hauteurs les relient à la chaîne principale, tandis que dans le fond des gorges qui les séparent, passent des ruisseaux torrentueux qui prennent naissance dans les montagnes du second plan.

Cette régularité dans le relief de cette presqu'île semblerait être un signe de son homogénéité de composition.

Si, de la mer, et à une faible distance de la côte orientale de l'isthme de Taravao, on regarde les deux presqu'îles, elles font l'effet des deux ailes immenses d'un oiseau, dont le corps serait l'isthme lui-même, et l'on est prêt à s'étonner de la régularité de ces lignes générales des contours de pays aussi accidentés.

Nous allons maintenant partir de l'isthme et remonter vers le nord en suivant la côte orientale de la grande presqu'île, qui est la moins riche et la moins intéressante de l'île (*).

En quittant *Taravao* (24), la plage est étroite, les montagnes viennent souvent se précipiter dans la mer en une falaise verticale; l'une de ces murailles, qui présente une sorte d'échancrure nommée one-poto (sable court, plage étroite) (42), montre assez exactement la constitution du sol dans cette partie de l'île; ce sont des lits superposés sur une assez grande hauteur, légèrement inclinés, et se composant de couches alternatives de basaltes, de scories, de cendres, etc., d'une épaisseur peu considérable. On constate qu'il y a eu souvent des temps de calme entre les moments où deux de ces lits successifs se sont déposés, car

(*) Les plages principales sont sur la côte occidentale où les vents alizés de l'est envoyaient les cendres pendant les éruptions. — Ce qui nous montre qu'à ces époques anciennes les vents avaient la même direction. Ce fait pourrait encore nous expliquer pourquoi ces terres volcaniques s'allongent généralement du sud-est au nord-ouest, qui est exactement la direction des vents alizés dans ces parages.

leur surface est ordinairement découpée, comme si des courants d'eau ou de lave avaient passé sur elle pendant longtemps; les autres roches fondues sont ensuite venues se mouler sur ces creux et des lits de galets, de pépérinos, font aussi partie du système. A la base est une scorie rougie par le fer, qui a dû aussi subir l'action des courants à en juger par les ondulations que présente sa surface.

Les formes des montagnes sont ici très-nettement accusées; des cônes effilés et isolés se dressent souvent encore au milieu des vallées.

A Hitiaa (43), la nature du sol ne nous offre rien de particulier, quelques wackes se montrent sur les hauteurs.

A Tiarei (44), les basaltes porphyroïdes à cristaux de pyroxène, offrent une plus grande ténacité; leur surface n'est point dans cet état terreux qu'amène la décomposition; dans ce district, ainsi qu'à partir de Tiarei, nous n'eûmes pas à remarquer autre chose que des coulées basaltiques, des couches de cendres, scories, etc. A Papenoo (18), cependant, des coulées de lave indiquaient une éruption plus moderne et, peut-être, le voisinage d'un cratère; il en fut de même en arrivant au village d'Haahape (45), où je me serais cru auprès d'un cratère; aussi nous y rencontrâmes une galerie (46) souterraine que je n'oublierai point de signaler; elle est située dans le voisinage de la pointe Vénus (47) qui est celle où, pour la première fois les Européens débarquèrent dans l'île. Au moment de notre passage, cette grotte était encore ignorée des blancs et à peine connue des indigènes, cependant elle s'ouvre au jour dans un mur vertical de cendres, de scories et de laves superposées, qui dominent directement le chemin de ceinture de l'île; l'ouverture de cette cavité étant à 9 mètres du sol, nous n'y parvînmes qu'en nous hissant à force de bras le long d'une forte liane qu'un de nos guides était allé attacher au tronc d'un petit arbre qui pousse justement au-dessus de l'entrée; nous n'y pénétrâmes qu'après nous être

munis de lumières, de cordeaux, pour mesurer les longueurs, et d'une boussole.

L'entrée de la grotte est elliptique et formée d'un tube annulaire d'une scorie noirâtre de 0m,30 environ d'épaisseur; la compacité de cette scorie la ferait ressembler à un basalte, mais sa composition ne diffère probablement pas de celle des scories qui, intercalées avec des laves et des pépérinos, en composent le pourtour, ainsi que la colline dans laquelle s'enfonce la galerie; il est probable que cette texture compacte, dont jouit cette paroi de la grotte, lui a été donnée par les circonstances particulières de pression, de chaleur, etc., dans lesquelles elle a dû se trouver depuis que la galerie a commencé à se former.

Les dimensions à l'entrée sont 1m,90 de largeur et 0m,60 de hauteur, les contours sont si réguliers qu'on pourrait croire qu'ils sont l'œuvre de la main des hommes; les parois intérieures sont polies comme à la suite d'un long frottement et, dans certains points, recouvertes d'un vernis qui accuse un commencement de fusion; ce long tube s'est aussi fendu en plusieurs endroits, à la suite de mouvements du sol ou bien sous les actions successives de chaud et de froid qu'il a subies.

Le sol de la galerie est recouvert d'une mince couche de scories qui se sont condensées là vers la fin de l'éruption; elles sont d'un brun jaunâtre, un peu caverneuses, arrondies, cannelées et offrent une grande ressemblance de couleur et de forme avec les laitiers qui s'écoulent des hauts fourneaux au coke, dans certains cas de mauvaise allure; elles sont recouvertes en beaucoup d'endroits d'une croûte blanche plus ou moins épaisse, d'un silex opalin. D'après M. Fouqué, certaines laves de l'île de Sautorin présentent le même fait.

Le sol sur lequel se mouvait ainsi ce ruisseau de roches fondues présente une inclinaison qui varie entre 5° et 10°. Voici des dimensions prises en différents points de ce sou-

terrain : A l'entrée la galerie se dirige N. 45° E. ; sa largeur est de 1m,90, sa hauteur 0m,60. A 8 mètres de profondeur, la direction n'a pas changé; la largeur est de 3 mètres, la hauteur 1m,50. A 18 mètres la largeur est 1m,50, la hauteur 1m,20. Le sol est de la lave figée, le contour une scorie fendillée. A 45 mètres la hauteur, qui s'était élevée à 2 mètres, est revenue à 1m,20 ; la largeur n'a pas changé, la direction est N. 30° E. A 55 mètres la galerie tourne au N. 60° E. subitement; au coude formé par cette inflexion, les laves se sont condensées sur une plus grande épaisseur. A 82 mètres le sol de la galerie est couvert d'un magma de laves qui n'ont point voulu couler. A 126 mètres la hauteur est de 2m,50, la largeur de 2 mètres. A partir de cette distance, la galerie forme parfois des chambres énormes ; sur le sol sont amoncelés des blocs de roches tombés du toit. A 200 mètres la hauteur n'est plus que de 0m,45, la largeur de 1m,20.

J'avais dans ces derniers points une peine énorme à circuler avec mes instruments; la température était extrêmement élevée, et je regrette de n'avoir pu faire d'observations à cet égard. A cette distance l'air semblait pur, et en laissant nos flambeaux immobiles, on observait que la flamme avait une légère tendance à s'incliner vers le fond encore inconnu de ce souterrain ; il est donc probable qu'il communique avec un cratère plus ou moins important, qui déboucherait à une certaine distance de là dans les montagnes inexplorées et à peu près inabordables de l'intérieur.

Auprès du dernier point où nous parvînmes dans cette galerie s'élevait une petite pyramide de 1m,20 environ de hauteur, adossée contre les parois et formée de pierres superposées. Nous crûmes d'abord que c'était le résultat d'un éboulement de la voûte, mais en regardant de plus près, il nous fut facile de reconnaître que nous étions en face d'un travail humain et d'un *maraë*, ou monument que les Tahitiens élevaient à leurs dieux.

Au retour, examinant avec plus de soins les vastes chambres dont j'ai parlé, et dues selon toute apparence à des éboulements, nous remarquâmes qu'on y avait encore élevé contre les parois de petites pyramides. Le temps nous manquait pour fouiller ces témoignages, malheureusement muets, du passage des hommes et y chercher des instruments ou débris qui pussent jeter un peu de lumière sur leur histoire si obscure. Je dois aussi ajouter que grâce à l'imperfection des instruments que j'avais pu emporter dans ce voyage souterrain, que je n'avais pas prévu, les chiffres que je donne ne doivent être considérés que comme approximatifs.

En recherchant dans les annales géologiques des exemples de galeries semblables, c'est-à-dire, ayant servi de passage à des laves, je n'en ai trouvé de vraiment importantes dans aucun pays, si ce n'est dans l'Océanie elle-même et dans des îles qui ne sont point très-éloignées du pays qui nous occupe, et comme leurs descriptions qui ont été faites par des auteurs américains n'ont pas été toutes publiées en français, j'en dirai quelques mots ici, qui suffiront à montrer, je pense, l'analogie que je veux établir.

Les rapports du Rév. Titus Coan, missionnaire américain, dont j'ai cité le nom au sujet d'une *éruption aux îles Sandwich*, nous ont appris que dans ce même groupe, le cratère de *Kilauea* ne rejette point par-dessus ses bords les laves qui lui arrivent des profondeurs de la terre, mais qu'elles s'écoulent par un canal souterrain. Ce fait d'un courant de roches fondues se mouvant sous le sol, fut confirmé lors de l'éruption de juin 1840, décrite par le R. Titus Coan dans le *Quarterly journal*; cet observateur constata, sur une grande distance, la marche souterraine de la lave à une profondeur qui atteignait parfois 300 mètres au-dessous de la surface du sol. Ce fleuve de feu passait dans le fond de cratères éteints, dont il éclairait les parois d'une vive lueur ; enfin il se fraya une issue à 43 ki-

lomètres de son point de départ et à une hauteur qui, d'après les rapports du capitaine Wilkes, aurait été de 380 mètres au-dessus du niveau de la mer; 19 kilomètres plus loin, ce courant, qui marchait maintenant à ciel ouvert, se précipitait dans l'Océan du haut d'une falaise de 15 mètres; il coula ainsi pendant trois semaines.

Second exemple. — Le petit archipel des Samoa, dirigé N.-O. : S.-E. et situé à l'ouest de l'archipel Tahitien, est aussi volcanique; dans une des îles de ce groupe nommée *Upolu*, on rencontre sur sa côte occidentale plusieurs galeries formées par des laves; quelques-unes s'ouvrent à la surface de la mer, d'autres un peu au-dessous; enfin le sol résonne souvent sous les pas des promeneurs, leur indiquant qu'ils marchent sur une cavité (*).

L'une des plus remarquables de ces cavernes est située sur la côte sud de l'île, à 8 ou 9 milles de son extrémité occidentale; son entrée est à 1 mille 1/2 dans l'intérieur des terres, et n'est autre chose qu'un puits vertical de 25 pieds de hauteur, qui s'est apparemment formé à la suite d'un éboulement du toit de la galerie, qui en cet endroit a 15 pieds d'épaisseur.

A l'intérieur, la galerie était voûtée et de forme régulière; sa largeur était de 15 pieds, sa hauteur de 8; elle descendait vers la mer dans la direction du sud; on la suivit pendant 908 pieds: là, l'eau atteignait le toit et arrêtait les explorateurs.

La surface du toit de ce souterrain était polie, mais en certains points il s'en allait en plaques de 1 à 10 pouces d'épaisseur.

Le sol était longitudinalement découpé par des sillons qui s'étaient formés lors du passage de la lave; leur dispotion était aussi régulière que celle des rails sur leur ballast. (Dana).

(*) Dans la grotte de *Terurua* (40) que j'ai signalée dans la presqu'île méridionale de Tahiti, le sol résonnait ainsi sous nos pas.

La galerie que nous trouvâmes à Tahiti présente avec celle-ci de nombreuses analogies; seulement elle est surmontée par une épaisseur de roches bien plus considérable, car la montagne dans laquelle elle pénètre avec une inclinaison de 5 à 10°, s'élève elle-même avec une pente de 40° environ; aussi la galerie doit bientôt être recouverte, comme celle des Sandwich, par plusieurs centaines de mètres de rochers.

Au sujet de la façon dont ces galeries ont pu se former dans le principe, je citerai l'exemple suivant qui en donne une idée assez exacte et qui se rapporte à une éruption du Vésuve en 1779, décrite par sir W. Hamilton :

« ...Les laves arrivées au bas de la partie abrupte de la « montagne, s'y creusaient des canaux aussi réguliers que « s'ils eussent été faits par les hommes. Après l'éruption, « ces conduits de lave avaient $0^m,60$ à $1^m,50$ et même 2 mè« tres de largeur; leur profondeur était de $2^m,35$ à $2^m,70$; « ils étaient souvent cachés à la vue par des scories qui « formaient une croûte à leur surface. Le sol et le toit, les « parois latérales de ces galeries couvertes étaient parfaitement lisses et de niveau. »

Des galeries semblables, recouvertes ensuite par une série de roches volcaniques superposées, forment les conduits souterrains que nous avons vus, et c'est par là que s'échappe parfois toute la lave. Mais, lorsque la quantité de lave qui arrive devient tellement considérable que la galerie est trop petite pour leur donner passage, elles s'élèvent alors dans le cratère et l'excès s'écoule par-dessus ses bords; à ce moment, il arrive encore que les laves, par leur énorme pression hydrostatique sur les parois de la galerie, jointe à leur grande chaleur qui ramollit et fond peu à peu les parois du canal souterrain, agrandissent cette section jusqu'à ce qu'elle puisse livrer passage à toute la lave. D'autres fois les choses se passent d'une façon moins calme; la pression des laves qui se sont élevées dans le cratère, fait céder les

parois de la galerie jusqu'à ce que le flot de roche fondue puisse trouver une ouverture suffisante pour s'écouler. C'est ce que l'on observa aux îles Sandwich dans le cratère dont nous avons déjà parlé ; l'ancienne galerie par laquelle s'échappaient jusqu'ici les laves devint trop petite : celles-ci s'élevèrent dans le cratère, depuis leur ancien niveau jusqu'aux bords extrêmes de ce vaste cône ; ce qui représentait une hauteur de 300 mètres. La pression était alors devenue immense sur les parois de la galerie qui durent bientôt céder ; elles se disloquèrent, se brisèrent, enfin s'élargirent jusqu'à ce qu'elles fussent de dimensions suffisante pour recevoir tout le courant de laves, permettant ainsi à ces matières fondues de reprendre leur ancien niveau dans le cratère. Ces dislocations souterraines furent même si fortes, qu'elles se firent sentir en divers points jusqu'à la surface du sol, qui était soulevé sur de longues distances.

Nous avons vu que la direction du canal souterrain de Tahiti était à peu près le N.-E., ce qui le conduirait encore vers le centre où convergent toutes les vallées.

En sortant de cette galerie et de retour au village voisin des indigènes, nous fîmes appeler les hommes les plus vieux du pays, et voici ce que nous pûmes obtenir sur ce canal souterrain :

Cette galerie déboucherait du côté de l'intérieur en un lieu nommé *Taufa*, à une distance de 1.000 mètres environ ; personne, à leur connaissance, n'est jamais allé constater le fait, et c'est la tradition seule qui en parle.

Ce vague renseignement, accompagné, suivant l'ordinaire, d'une légende sur la grotte, était tout ce que nous pûmes apprendre. Nous n'avions pas le temps de vérifier leur assertion en ce qui concerne la sortie de ce souterrain ; cette recherche serait, du reste, très-pénible à cause de la végétation si fourrée qui recouvre toute la montagne, mais elle offrirait tant d'intérêt que j'engage vivement à la faire,

ceux qui, séjournant dans le pays, peuvent consacrer quelques jours à une semblable exploration.

En quittant Haapape (45), nous n'eûmes rien à signaler sur notre route qu'une certaine abondance de wackes et de scories; à Paparoa (48), se montre de l'hydrate de fer, tantôt globulaire, tantôt pulvérulent, brunâtre ou en grains.

Nous terminerons cet aperçu sur la constitution géologique de cette colonie française, en disant quelques mots sur la décomposition des roches qui forment sa surface et dont les produits fournissent l'humus des plages et des vallées.

Les basaltes à cristaux de pyroxène et de péridot, qui sont de beaucoup les plus abondantes roches de cette île, sont sujets à une prompte et profonde désorganisation; leur surface conserve pour l'œil, le plus souvent, ses formes primitives; les cristaux semblent encore brillants et solides, mais sous un choc, une pression, tout cela s'efface en une terre noirâtre. Le péridot, voisin de l'état de décomposition, acquiert une couleur brillante et métallique.

Le sol qui provient de ces décompositions est tantôt jaune, rouge ou brun, et nous avons parlé de sa fertilité extraordinaire.

III. *Ile Mooréa.* — Celle île, que l'on voit sur la carte dans le voisinage de Tahiti (*fig.* 4), est de forme triangulaire; elle partage tout à fait la constitution géologique que nous venons de décrire; ce sont les mêmes basaltes avec cristaux de pyroxène et de péridot, les mêmes wackes et scories, etc.; cependant les scories noires et cellulaires sont les plus abondantes.

Nous y signalerons encore une source d'eau ferrugineuse qui dégage de l'acide carbonique avec une grande effervescence et dépose un abondant précipité boueux, ferrugineux.

Les pics de cette île sont plus hardis et plus abruptes

encore qu'à Tahiti ; il en est qui, sur les bords de la mer, descendent verticalement de 750 mètres.

Ile Rapa. — C'est Vancouver qui découvrit Rapa en 1791 ; mais, pas plus que les visiteurs qui lui succédèrent, il ne donne de renseignements sur la constitution géologique de cette île, et l'on serait probablement demeuré longtemps sans en avoir si un des indigènes qui l'habitent, arrivant à Tahiti en 1867, n'eût informé le représentant du gouvernement français dans cette île, qu'il existait des gisements de houille à Rapa.

Une semblable nouvelle était bien faite pour éveiller l'attention, et afin de la vérifier, on envoya sur les lieux M. Méry, officier d'artillerie, qui, ainsi que je l'ai déjà dit, avait bien voulu m'accompagner pendant toutes mes excursions à Tahiti. Un autre intérêt s'attache encore à cette île : c'est que depuis peu elle sert de station aux navires de la compagnie des paquebots de Panama à Wellington (Nouvelle-Zélande) ; un dépôt de charbon y est établi. La France y a aussi arboré le pavillon de protectorat, elle y a installé un résident.

Le rapport de M. Méry sur cette intéressante question fut publié dans le *Messager de Tahiti* (nos 9 et 11, 1867) ; enfin, j'ai eu récemment l'occasion de voir cet officier qui, depuis peu, est de retour en France ; il me montra quelques échantillons de Rapa, et c'est à la suite de mes entretiens avec lui, de la lecture de son rapport, que je donnerai le court aperçu qui va suivre sur l'île Rapa.

Rapa est située par 27°,38 de latitude sud et 146°,30 de longitude ouest du méridien de Paris ; c'est une des rares terres qui, dans ces parages, ne se rattache point directement à quelque groupe d'autres îles ; cependant, si l'on poursuit idéalement la ligne de l'archipel *Tubuai*, on verra qu'elle passe à peu près par Rapa ; ce dernier archipel est volcanique, parallèle à celui de Tahiti, dont il n'est éloigné que de 120 lieues environ.

Rapa se présente sous l'aspect d'une terre haute, entièrement volcanique; partout l'œil rencontre ces pics aigus, ces crêtes aux dentelures bizarres qui caractérisent ce genre de formation; çà et là se montrent de hautes buttes basaltiques, et sur les flancs de quelques falaises, on remarque, en strates régulières, d'immenses coulées de roches volcaniques. Aux massifs principaux sont accolés des mamelons aux formes arrondies, qui, diminuant de hauteur, se succèdent jusqu'à la côte, où ils viennent baigner leurs pieds dans la mer.

L'île a peu d'étendue; M. Méry estime que ses dimensions sont, du nord au sud, sens de la plus grande longueur, de 12 ou 15 kilomètres; de l'est à l'ouest, de 10 ou 12 kilomètres, et son circuit de 30 à 40 kilomètres. Ses côtes sont découpées par de nombreuses baies, dont l'une, nommée Ahurei, située au N.-E. de l'île, peut recevoir les navires de tout tonnage.

Chose remarquable, les bancs de corail tiennent partout à la côte, et nulle part ils ne s'en détachent pour former ceinture, ainsi qu'on l'observe dans la plupart des îles de l'Océanie.

Dans l'île on ne rencontre point de grandes vallées, mais une succession de petits vallons n'ayant aucune direction déterminée; au fond de chacun d'eux, les infiltrations des collines voisines se réunissent en filets d'eau, méritant à peine le nom de ruisseau; quelques-uns cependant ne tarissent jamais et permettraient l'établissement d'une aiguade, notamment dans la baie Ahurei.

La végétation est pauvre; on ne rencontre çà et là, dans les parties basses non marécageuses, dans le fond des vallées et dans les ravins, que des arbres chétifs et rabougris. L'arbre à pain y fait complétement défaut; le cocotier y croît, mais ses fruits ne peuvent mûrir; divers autres végétaux des îles intertropicales y sont assez abondants; mais, au lieu de devenir des arbres, ils restent à l'état d'arbustes.

Les habitants mettent plusieurs années à réunir les matériaux nécessaires à la construction d'une case, et ce n'est que rarement qu'ils trouvent des pièces assez fortes pour y creuser leur vaisselle en bois, qui leur vient généralement des autres îles.

Les collines sont couvertes à mi-côte d'herbes assez abondantes qui nourrissent aujourd'hui de nombreuses chèvres sauvages; au-dessus de cette zone, la terre plus argileuse ne produit que des fougères, et enfin les sommets montrent à nu l'argile sans aucune trace de végétation.

Quant aux indigènes, leur seule culture sérieuse est celle du *Taro;* autour de leurs cases on rencontre bien çà et là quelques champs de patates douces, d'ignames, de manioc, mais en quantité si faible qu'on n'en peut tenir compte pour leur alimentation. Les légumes de l'Europe y poussent assez bien.

La température de Rapa peut varier entre 10 et 25°.

Les poissons, les langoustes, les coquillages comestibles fourmillent sur les côtes.

La population était de 2.000 habitants au moins lors de sa découverte; elle n'était plus que de 120 en 1867; elle avait donc diminué en 76 ans de plus des 15 seizièmes, décimée par les épidémies et les maladies que les baleiniers et les caboteurs qui les visitent leur apportèrent. Plusieurs des hauteurs qui dominent l'île présentent les restes de fortifications très-bien entendues et assez vastes; ces fortins sont en pierres sèches habituellement, mais d'après une note des *Annales hydrographiques* (1868, n° 450), ils seraient parfois en pierres équarries et polies, pesant jusqu'à 2 tonnes et reliées par un ciment très-dur et très-tenace. Ce fait, qui met en évidence l'existence ancienne d'un peuple industrieux sur cette île, n'est point rare, on le sait, dans les îlots de l'Océanie.

Nous allons maintenant passer à la description que

M. Méry donne du gisement de combustible minéral qu'il était venu pour étudier.

C'est au fond du vallon de Paukare, dans les parois d'un petit cirque terminal, que se trouve l'affleurement des couches découvertes; des filets d'eau, descendant d'une colline supérieure, s'y réunissent et y commencent un petit ruisseau qui, suivant le thalweg de ce vallon, vient se jeter dans la baie d'Ahurei dont nous avons parlé.

M. Méry fit détourner le ruisseau et dégager la couche sur toute son épaisseur et sur une largeur de 5 à 6 mètres, voici les caractères qu'il lui reconnut alors.

La couche a une épaisseur de 2 mètres à $2^{m},50$; sa direction est N. 40° E., elle est inclinée de 15° du sud-est au N.-O.; elle repose directement sur *un filon de basalte* ; elle est en lits irréguliers, mélangée de veines et de blocs d'argile; elle est recouverte par un *talus d'éboulement*, entièrement formé d'argiles diversement colorées. Ce talus, de près de 50 à 60 mètres de hauteur, est terminé au sommet par quelques couches régulièrement stratifiées. Le basalte sur lequel s'appuient ce talus et la couche de combustible, s'est fait jour au sommet de la colline où il forme un dike, réunissant deux buttes basaltiques voisines.

Le lignite extrait de cette couche se présentait en masses compactes, à texture feuilletée, sans traces de végétaux; sa cassure était esquilleuse, terne, de couleur noir grisâtre. La compacité de ce combustible était variable; à la forge il brûlait comme le charbon de bois et pouvait donner assez de chaleur pour le soudage du fer, bien qu'il fallût un temps assez long pour que le fer ait la chaude qui lui est nécessaire pour le soudage.

Quant aux lignites très-compactes, ils brûlent moins bien, dégagent moins de chaleur, répandent une assez forte odeur et encrassent rapidement l'objet soumis à la chauffe.

Les deux variétés brûlées à l'air libre fournissent un

charbon léger, conservant la structure feuilletée des fragments primitifs.

En suivant les lignes déterminantes du plan de la couche, M. Méry n'a pu la reconnaître qu'en un seul point situé vers le sommet d'une croupe contiguë à la colline, et distante d'environ 200 mètres ; dans cet endroit elle apparaît simplement en une trace noire qui affleure à la surface du sol.

Du côté de son *pandage*, la couche s'enfonce rapidement sous une montagne de 400 mètres de hauteur, dont les flancs presqu'à pic ne permettent guère les recherches, surtout avec les moyens dont l'observateur disposait.

Mais quelles que soient l'étendue et la puissance de cette couche, elle se trouve dans d'assez mauvaises conditions pour une exploitation ; elle est située à environ 2.000 mètres de la mer et à 200 ou 250 mètres au-dessus de son niveau, et l'on n'y parvient que par des sentiers très-escarpés. Une difficulté bien plus insurmontable encore se présente : nous avons vu que la couche de combustible était surmontée par une masse d'argiles sans consistance de 50 mètres de hauteur ; les galeries auraient donc besoin d'être solidement boisées et l'île entière, comme nous l'avons encore observé, ne possède pas un seul arbre dont le tronc soit assez fort pour être employé à de semblables travaux.

Ce gisement de lignite est donc destiné à rester comme une simple curiosité géologique, et nous allons essayer de voir, avec M. Méry, quel âge relatif dans l'île on peut lui assigner.

L'analogie des terrains de Rapa avec ceux de Tahiti, des îles sous le vent et des Gambier est tellement évidente, qu'on ne peut que leur attribuer la même origine et les rapporter aux mêmes soulèvements ; on y rencontre identiquement les mêmes roches dans un ordre semblable. Les différentes périodes de formation seraient même ici mieux caractérisées qu'à Tahiti.

Les roches principales sont des trachytes, des wakes, des argiles et des basaltes ; les wackes et les trachytes dont elles proviennent sont contemporains ; quant aux basaltes ils sont ici postérieurs aux trachytes, ce qui est du reste habituellement le cas entre ces deux sortes de roches. En se faisant jour, les basaltes déchirèrent les trachytes en tous sens, les renversèrent, amoncelèrent pêle-mêle les débris sur leurs flancs, et l'île dut présenter alors l'aspect qu'elle a maintenant (sauf cependant les effets de la dénudation), c'est-à-dire une grande arête qui semble entièrement trachytique, demeurée intacte et formant la masse centrale du pays ; de cette arête se détachent les plus hauts sommets de l'île. De nombreux dikes de basalte, qui se montrent de tous côtés et forment aussi les arêtes des contre-forts de la masse centrale trachytique, divisent encore le reste de l'île en espèces de bassins au fond desquels s'élèvent sans ordre des séries de mamelons arrondis, accolés les uns aux autres et venant enfin s'appuyer sur les dikes de basalte et leur servir de croupes ; ces mamelons sont formés de wakes, de tufs et d'argiles ; les dikes de basalte qui les traversent de toute part sont habituellement déchaussés à leur partie supérieure.

M. Méry admet que c'est entre l'arrivée des trachytes et celle des basaltes que, pendant une longue période de calme, les végétaux qui donnèrent lieu à la couche de lignite se développèrent et s'accumulèrent en dépôts tourbeux. Pendant les mouvements produits par l'arrivée des basaltes, ces dépôts furent déplacés, inclinés et enfouis sous d'immenses éboulements où on les retrouve aujourd'hui transformés en lignites, en même temps que des masses argileuses que l'on rencontre au sein de cette couche de combustible y pénétraient par les fentes que la dislocation y avait créées. Certainement le dike de basalte sur lequel repose cette couche de lignite aurait été capable de produire tous ces effets, mais ce qui me laisse un soup-

çon à cet égard, c'est que nous ne voyons point que le lignite ait subi les altérations dues à une forte chaleur, qu'il aurait dû ressentir si un filon de basalte était ainsi arrivé au jour, en s'intercalant entre lui et les couches sur lesquelles il reposait autrefois. Ordinairement le basalte produit des effets métamorphiques évidents par leur intensité au contact des roches qu'il traverse; ainsi entre Privas et Aubenas, des filons de basalte qui traversent des marnes les ont rendues blanches et cassantes sur plus de 3 décimètres de profondeur, et leur ont en même temps fait perdre leur schistosité; elles sont devenues dures et compactes à la façon d'une argile cuite (*).

Dans le bassin houiller de Newcastle en Angleterre, des failles et des dislocations subies par les couches de houille sont parfois accompagnées d'éruption de basaltes et, au contact de cette roche, le combustible a été carbonisé.

Enfin je citerai un dernier exemple, pris en Océanie même et dans l'îlot Nobby, qui, sur les côtes de la Nouvelle-Galles du Sud, fait face aux mines de houilles de *Newcastle*; — celles-ci auront encore ainsi un nouveau point de ressemblance avec leurs homonymes de l'Europe.—Dans cet îlôt un dike de basalte traverse verticalement des bancs de roches dans lesquelles sont intercalées deux couches de houille; les altérations que cette dernière substance a subie s'étendent à 6 ou 8 pieds de chaque côté du dike; à cette distance les parties volatiles de la houille ont disparu, et là où elle n'est point argileuse, elle s'est changée en charbon de bois; les lits impurs ou argileux sont cuits et transformés en une roche noire et charbonneuse, presque aussi compacte que du quartz. L'île entière n'a, il est vrai, que 200 yards de longueur sur 34 de large, non compris ses plages sablonneuses; mais toutes les roches qui la

(*) *Carte géologique de France de MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont*, tome II, page 724.

composent ont été un peu *cuites*, et il est regrettable que, cette île soit si petite, car on ne peut exactement mesurer jusqu'où a pu s'étendre l'action métamorphique (*).

En présence de ces actions violentes des basaltes, dont nous pourrions encore multiplier les exemples, et bien que, dans quelques cas, cette roche éruptive n'ait eu, au contraire, qu'une action métamorphique peu apparente, il me semble que, d'après les situations respectives du basalte et du lignite à Rapa, il ne paraît pas certain que le basalte ait été la roche soulevante; je croirais plutôt que c'est sur cette roche, autrefois horizontale, que les végétaux qui ont engendré le combustible ont dû se former, et qu'il faudrait attribuer à une autre cause les changements du système, peut-être à une nouvelle éruption de basalte ou bien à l'arrivée des filons d'eurite dont parle aussi M. Méry et qui ont donné lieu à des argiles blanches fort belles, fort abondantes. J'en ai vu des échantillons qui fourniraient un superbe kaolin.

A Rapa, les basaltes se présentent très-souvent en prismes; ceux-ci, de faibles dimensions, sont parfois entièrement décomposés; plus souvent, cependant, cette décomposition n'est que superficielle et n'atteint que le tiers ou la moitié de l'épaisseur, tandis que le noyau central, exactement semblable de forme au prisme entier, reste complétement intact. Au centre, ces colonnes de basalte se chargent de cristaux de pyroxène.

Les argiles qui proviennent de ces prismes sont tout aussi remarquables que celles que nous avons signalées comme provenant des eurites, bien qu'elles soient légèrement colorées; leur grain est d'une grande finesse.

Malgré leur abondance, les roches basaltiques ne se présentent point en aussi grandes masses que les trachytes; elles passent aussi à différentes roches et principalement

(*) Dana. *United States exploring expeditions geology*, p. 511.

aux *argiles*, aux *phonolithes* et à de magnifiques *dolérites*, qui seraient très-belles comme pierres de construction.

Pour terminer cette nomenclature nous citerons les *lapillis* qui alternent avec des tufs volcaniques, des laves et diverses scories.

Ile Malden. — Dans cette île qui est au nord de Tahiti, je signalerai un gisement de phosphate de chaux tribasique (75,6 p. 100), qui vaudrait environ 100 francs la tonne dans un port d'Europe. Il mériterait d'être étudié de plus près.

Age de ces îles volcaniques. — J'aurais désiré que les études qui précèdent m'eussent permis de pouvoir intercaler avec certitude ces îles volcaniques dans l'échelle géologique que nous possédons ; mais comme nulle part je n'ai trouvé ces roches éruptives en association avec des terrains sédimentaires anciens, je suis obligé de rester dans le domaine des probabilités ; il paraît pourtant, et je l'ai signalé dans les pages précédentes, que dans l'archipel des Marquises, les roches volcaniques sont en connexion avec des schistes anciens ; là se trouverait peut-être la solution du problème.

On peut néanmoins conclure de ce que nous avons vu, que les roches qui composent les archipels volcaniques des Gambier, des Pomotou, des îles de la Société, de Rapa, etc., présentant de très-grands caractères d'identité, sont contemporaines ; de plus, nous avons vu à Tahiti et à Rapa les basaltes apparaître à diverses époques et recouper les trachytes ; nous les avons vus à Tahiti, portant l'empreinte de fougères dont on trouve encore des sujets vivants dans le pays.

Mais si ce fait semble montrer que les dernières arrivées de ces roches ne sont point relativement très-anciennes, il en est d'autres qui accusent que la série d'éruptions a dû commencer à une époque reculée ; la couche de combustible de 2^{m},50 d'épaisseur qui s'est formée à Rapa sur des roches

figées, entre deux éruptions, n'en est-elle pas une preuve? (*) Cette dénudation si complète qui a pu dépouiller tous les sommets des couches de cendres, de laves et scories friables qui les recouvraient, qui a créé ces vallées profondes de plus de 1.000 mètres, longues de plusieurs lieues, qui a découpé ces cirques verticaux dont l'œil peut à peine embrasser les contours, n'a-t-elle pas employé un temps très-long à s'effectuer? Les dernières éruptions elles-mêmes sont déjà assez anciennes, puisque les cratères qui devaient leur correspondre n'ont jamais été rencontrés à Tahiti et à Rapa; les seuls témoignages qui en restent sont des couches de cendres et de scories qui recouvrent çà et là les rivages de la mer, où les pluies sont plus rares et les pentes à peu près nulles.

On pourrait cependant considérer comme un cratère incliné la galerie que nous avons découverte à la pointe Vénus.

Mais, d'un autre côté, si l'on examine les cartes géologiques de l'Australasie, de Timor, de la côte orientale de l'Amérique du Sud, on y voit que les roches volcaniques y sont de l'époque moderne, ce qui conduirait à donner le même âge aux roches qui nous ont occupé, c'est-à-dire celui de nos volcans éteints de l'Auvergne et du Mexique.

Telle est, du reste, l'opinion de la plupart des géologues; de laquelle il semblerait résulter encore qu'un continent aurait disparu en Océanie entre les périodes tertiaires et quaternaires et aurait été remplacé depuis par les îles volcaniques et coralligènes que nous y voyons aujourd'hui.

15 septembre 1869.

(*) A moins que ce lignite ne se soit formé au-dessous des eaux suivant la théorie de Mohr.

NOTE

SUR UN NOUVEAU SYSTÈME DE CROISEMENT DE VOIES.

Par M. POULET, inspecteur du matériel des voies au chemin de fer du Nord.

Attaché depuis longtemps au chemin de fer du Nord où je suis chargé de la construction, de l'entretien et de l'inspection du matériel de la voie, les croisements de voies ont été constamment pour moi un sujet de préoccupations et d'études.

Quel que soit le mode de construction des croisements de voies généralement employés, ils comportent essentiellement :

La pointe du croisement désignée sous le nom de pointe de cœur;

Deux rails contre-pointe, dits pattes de lièvre ;

Deux rails infléchis, dits contre-rails de côtés pour le guidage convenable des roues sur la pointe du croisement.

Ainsi constitués ces appareils donnent invariablement lieu à des interruptions ou solutions de continuité au point de croisement des deux rails, présentant de sérieux inconvénients qui peuvent se résumer ainsi :

Rapidité de détérioration des surfaces de roulement des rails contre-pointes et de la pointe elle-même;

Difficultés qu'on éprouve à maintenir ces appareils en bon état ;

Frais d'entretien, relativement considérables ;

Avaries incalculables causées au matériel roulant, tels que : ruptures d'essieux, bris de ressorts, détérioration des bandages, décalage des roues, etc., etc.;

Enfin, chocs, secousses désagréables dont souffrent les voyageurs.

Ces appareils ont constamment été l'objet de nouvelles études et de nouveaux perfectionnements. On s'est appliqué à les faire de plus en plus solides, et c'est ainsi qu'on est même arrivé à les faire d'un seul morceau de fonte ou d'acier comprenant la pointe et les pattes de lièvre.

Dans ces dernières conditions, ils sont incontestablement plus solides, plus rigides que ceux faits en plusieurs parties. Plus ils sont solides, meilleurs ils sont au point de vue de la voie proprement dite, mais plus ils sont redoutables pour le matériel roulant.

Au passage sur les croisements, les boudins des roues sont forcés de passer dans les ornières qui leur sont tracées. Il se produit alors et simultanément des chocs énergiques perpendiculairement à la direction de la voie et verticalement, quand les roues passent de la pointe à la patte de lièvre. Ces chocs, qui doivent détruire ces croisements dans un temps plus ou moins long, déterminent en outre des chances, soit de décalage des roues, soit de bris de ressorts, soit de torsion des essieux, des commencements de ruptures de ces dernières, qui, lorsqu'elles se produisent immédiatement ou plus tard, peuvent être des causes de déraillement.

Je crois que la nouvelle disposition de croisement que je propose d'employer, fait disparaître tous ces inconvénients par la suppression des solutions de continuité dans le croisement des rails.

La pointe fixe dans mon appareil, est remplacée par une pointe ou aiguille A (voir Pl. IX, *fig.* 2, 3, 4, 5 et 6), disposée de telle façon qu'elle occupe ordinairement la position correspondante à la circulation la plus active.

Ainsi, dans les stations intermédiaires comme sur tous les croisements placés sur les voies principales, l'appareil est construit de manière à établir pour ainsi dire en permanence, la continuité du rail de la voie principale.

Cette position de la pointe que j'appellerai position normale, s'obtient naturellement par la disposition même de l'appareil ; la deuxième position est obtenue par les véhicules circulant sur l'autre voie, par l'intermédiaire de longues pédales que nous allons décrire. Au moment de la construction la position normale peut s'obtenir pour l'une ou l'autre des voies, de telle sorte que la destination d'un appareil étant connu, on le dispose de façon à ce que la position normale de la pointe corresponde à la voie de plus grande circulation.

Pour les jonctions de voies placées en pleine voie, les trains de vitesse abordant la pointe par le talon, trouvent la pointe faite pour leur direction et passent sur un rail continu sans éprouver la moindre secousse.

La pointe est articulée en B au moyen d'un éclissage spécial la reliant aux rails des voies (voir *fig.* 2 et 3) et si la circulation a lieu sur la voie déviée, elle sera automatiquement placée sur cette voie et reprendra immédiatement après le passage du train sa position normale.

Ces mouvements sont obtenus de la manière suivante :

La pointe A est reliée à une pédale C, parallèle au rail de la voie déviée, duquel elle n'est distante que d'un demi centimètre (*fig.* 1, 3 et 4). La liaison est faite au moyen de bielles KK portées par la pédale, d'équerres DD et de tringles EE.

Le niveau supérieur de cette pédale C est maintenu à $0^m,030$ en contre-haut de la surface du roulement des rails (*fig.* 1 et 4) par l'action d'un fort ressort R (*fig.* 1, 3 et 4).

La pédale C est formée d'une barre de fer cornière de $0^m.08 \times 0^m.080$ dont les extrémités, infléchies, affectent la forme de plans inclinés (*fig.* 1). Elle est supportée de mètre en mètre (voir *fig.* 1 et 3), sur des leviers articulés III dont les directions forment avec l'horizontale des angles d'environ 60°. On comprend que cette pédale ainsi suspendue et ainsi articulée, s'abaissera, parallèlement à

elle-même et sur toute sa longueur, dès qu'elle y sera sollicitée par l'action du passage des mentonnets des roues. Les plans inclinés terminant la pédale, ont pour but de faciliter l'accès des boudins et de leur permettre d'arriver successivement et sans chocs, sur la partie culminante horizontale de la pédale.

Si donc on circule sur la voie déviée, la première roue se présentant, abaisse la pédale C des $0^m,030$ dont la pédale est au-dessus du rail, plus des $0^m,030$ de saillie que font ordinairement les mentonnets des roues en contre-bas des rails. Pendant son abaissement de $0^m,060$, la pédale, en raison de son articulation sur leviers, avance parallèlement à elle-même de $0^m,060$, les équerres DD, par l'intermédiaire des bielles KK, communiquent leur mouvement aux tringles EE qui le transmettent à la pointe A qui vient prendre la position correspondante à la voie déviée dès que le mentonnet de la première roue atteint le point culminant de la pédale.

La pointe conserve invariablement cette position pendant toute la durée du passage et reprend sa position normale lorsque la pédale, abandonnée par le mentonnet de la dernière roue, reprend elle-même sa position sous l'influence du ressort R.

La pédale C' est un organe auxiliaire de sécurité; elle est destinée à ramener la pointe à sa position normale dans le cas où le ressort n'aurait pas complétement relevé la pédale C, à la hauteur voulue; elle est reliée à la pointe A exactement comme la pédale C.

Nous avons indiqué de chaque côté de la pointe, deux bielles, deux équerres et deux tringles,

Conserver chacune de ces pièces en double serait une superfluité; on pourrait donc ne mettre pour chaque voie qu'une bielle, qu'une équerre et qu'une tringle, sauf à leur donner des dimensions ne pouvant absolument laisser aucun doute sur leur résistance.

Il est à remarquer d'ailleurs que les efforts de déplacements de la pointe auxquels elles ont à répondre, ne sont que des efforts relativement insignifiants.

La saillie de 0,030 que nous avons indiquée est un minimum correspondant à un bandage qui vient d'être tourné. Toutefois l'usure des roues augmentant la saillie des mentonnets qui abaisseront d'autant les pédales, bien que la pointe occupe 'une ou l'autre de ses positions, j'ai, dans le but de parer à de trop grands efforts de compression qui résulteraient de cet excès d'abaissement, introduit dans la transmission un certain nombre de rondelles Belleville, dans la flexion desquelles viennent se perdre ces excès de compression. (Voir le plan, *fig.* 2, et la coupe transversale, *fig.* 4.)

Le ressort destiné à ramener la pédale ne correspond qu'à 300 ou 350 kilogrammes ; ce n'est guère que le tiers du poids d'une roue de wagon non chargé. On peut donc être certain de son fonctionnement sous le passage d'un train quelconque.

Un appareil semblable à celui que nous venons de décrire a été posé le 9 février 1870 dans la gare de Paris au chemin de fer du Nord ; précédemment le 10 février 1868, un autre appareil établi sur les mêmes principes, et ne différant de celui-ci que par quelques détails de construction a été posé dans cette même gare. Pendant les vingt-six mois de service de cet appareil, il n'a donné lieu qu'à un entretien insignifiant, il a constamment bien fonctionné et se trouve encore aujourd'hui en parfait état.

Paris, le 10 avril 1870.

NOTE

SUR LE PROCÉDÉ DE DÉSARGENTATION DES PLOMBS D'ŒUVRE APPLIQUÉ A L'USINE DE MM. HERBST FRÈRES, A CALL (EIFEL).

Par MM. R. ZEILLER et A. HENRY, élèves ingénieurs des mines.

Depuis quelques années, la désargentation des plombs d'œuvre est dans une période de complète transformation. Le zingage tend de plus en plus à remplacer le pattinsonnage, malgré les difficultés que présente le traitement des produits qui en résultent. Les différents procédés suivis pour ce traitement ont été décrits dans les publications récentes de M. Gruner. L'un d'eux, pratiqué dans l'usine de MM. Herbst, à Call, y a subi tout dernièrement des modifications importantes, dont l'ensemble nous a paru mériter d'être décrit avec quelque détail.

L'usine de Call, établie à l'origine pour le traitement des scories romaines, que l'on trouvait en abondance sur quelques points des environs de Commern (Eifel), reçoit en outre aujourd'hui des minerais carbonatés et sulfurés de provenances diverses. Le plomb d'œuvre qu'elle produit tient en moyenne 500 grammes d'argent à la tonne; il renferme de plus 0,5 p. 100 d'antimoine, 0,01 p. 100 de cuivre, un peu de fer et des traces d'or. Ce plomb est soumis au zingage sans raffinage préalable.

Le zingage se fait dans des chaudières de fonte de $2^{m},52$ de diamètre sur $0^{m},60$ de profondeur, pouvant contenir chacune 15 tonnes de plomb fondu. La fusion du plomb

d'œuvre se fait successivement ; elle est complète au bout de dix heures. On procède alors au zingage par trois opérations successives.

La première charge de zinc est de 90 kilogrammes. Après fusion, on brasse pendant vingt minutes, au moyen d'une grande écumoire à main, pour bien mélanger les deux métaux. Le brassage terminé, on laisse reposer pendant vingt minutes seulement, et l'on enlève les écumes formées. Ces écumes sont mises à part pour subir un traitement spécial ; elles renferment tout l'or, et, sauf l'antimoine, la plus grande partie des impuretés qui étaient contenues dans le plomb ; leur poids est de 500 kilogrammes.

L'écumage terminé, on réchauffe la chaudière, et l'on ajoute une deuxième charge de 50 kilogrammes de zinc. On brasse de nouveau pendant vingt minutes, et on laisse reposer ; au bout de deux heures, la surface du bain s'est solidifiée sur les bords de la chaudière. On détache alors les parties solides à l'aide d'un ringard tranchant, et on les enlève avec une écumoire. Quelque temps après, la surface se solidifie de nouveau, et l'on enlève encore les parties solidifiées : on fait ainsi trois et quelquefois quatre écumages successifs.

On ajoute ensuite une troisième et dernière charge de 67 kilogrammes de zinc, après avoir rempli la chaudière avec du plomb à 100 grammes d'argent à la tonne, provenant du ressuage des écumes, et l'on fait des écumages successifs comme dans la deuxième opération.

Vingt-quatre heures après le commencement de la fusion l'opération du zingage est terminée, et, outre les 500 kilogrammes d'écumes mises à part, on en a recueilli 3 tonnes lors des deuxième et troisième additions de zinc. Ces dernières écumes sont ressuées dans une chaudière ; on en retire du plomb tenant 100 grammes d'argent à la tonne, et dont une partie est employée, comme nous l'avons dit plus haut, à remplir la chaudière de zingage après la

deuxième addition de zinc. Le poids des écumes ressuées est réduit à 400 kilogrammes; elles tiennent alors 2 à 3 p. 100 d'argent.

Le zingage terminé, il reste dans la chaudière 12^t,5 à 13 tonnes de plomb, ne tenant plus que 2 grammes d'argent à la tonne, et renfermant 0,5 p. 100 de zinc. Pour enlever ce dernier métal, on met sur le bain fondu un mélange formé de 150 kilogrammes de sulfate de plomb provenant des fabriques d'acide sulfurique de Stollberg, et de 50 kilogrammes de sel marin. Ces deux sels réagissent l'un sur l'autre, et donnent du sulfate de soude et du chlorure de plomb. Ce dernier réagit à son tour sur le zinc, et il se produit du chlorure de zinc et du plomb métallique. C'est dans le but de faciliter ces réactions, qui ont surtout lieu à la surface du bain, que l'on a donné aux chaudières un si grand diamètre et une si faible profondeur relative. Pour les activer encore, on brasse de temps en temps, afin d'amener toutes les parties du métal en contact avec les réactifs.

Cette opération dure d'ordinaire vingt-quatre heures; pendant ce temps on maintient la température au rouge seulement; on brûle sous la chaudière 400 kilogrammes de houille. Pour s'assurer si le zinc est suffisamment éliminé, on prend des essais : on coule une petite quantité de plomb dans une lingotière ronde ou allongée; tant qu'il reste des traces de zinc, il se produit au moment de la solidification, au centre de la lingotière, une tache ou une ligne d'une couleur blanche particulière et très-appréciable; cette tache est due à la présence d'une petite quantité d'alliage de plomb et de zinc, qui vient à la surface du plomb. Ce caractère est très-sensible, et permet de reconnaître des traces de zinc que l'analyse par voie humide révélerait difficilement. Le mélange de sulfate de soude et de chlorure de zinc fondu à la surface du bain de plomb forme une scorie que l'on enlève lorsque l'opération est

terminée ; son poids est d'environ 175 kilogrammes ; elle contient encore 25 p. 100 de plomb.

Le plomb pauvre, débarrassé du zinc, contient encore un peu d'antimoine. Avant de le couler en lingots, on ajoute à la surface du bain 40 kilogrammes de chaux vive, et l'on remue avec une sorte de râteau en fer. Bientôt cette chaux noircit, elle enlève l'antimoine au plomb. Après douze heures d'action environ, on enlève la crasse qu'elle a produite ; puis, pour achever de purifier le plomb, on le soumet encore au perchage pendant un quart d'heure, et l'on enlève les crasses qui se forment ; elles sont réunies aux précédentes, et sont traitées comme nous l'indiquerons plus loin. Il ne reste plus qu'à couler le plomb obtenu ; il est très-pur et ne tient plus que des traces d'argent, $0^g,5$ à 1 gramme par tonne ; il est vendu pour fabriquer de la céruse.

Pour extraire l'argent des écumes ressuées, voici comment on opère. Dans une chaudière de forme elliptique, et peu profonde, on fond un mélange formé de 1.500 kilogrammes d'écumes, 450 kilogrammes de carnallite de Stassfurt (chlorure double de potassium et de magnésium), et 150 kilogrammes de sel ammoniac. On chauffe ce mélange pendant trois jours à 400° seulement. Il se produit du chlorure de zinc, de l'ammoniaque qui se dégage, et du plomb riche, qui se rassemble au fond de la chaudière. On coule ce plomb, dont le poids est de 1.300 kilogrammes, dans une petite chaudière placée à un niveau inférieur, et on l'y maintient fondu. La scorie alcaline et zincifère, qui reste dans la chaudière supérieure, renferme encore de l'argent. On l'épuise en fondant avec elle 250 à 300 kilogrammes de plomb provenant du ressuage des écumes. Ce plomb est ensuite coulé dans la chaudière inférieure, qui renferme alors 1.500 kilogrammes de métal à 2,7 p. 100 d'argent.

La scorie épuisée renferme encore 8 à 10 p. 100 de plomb à 2,7 p. 100 d'argent. Elle est mélangée aux

écumes provenant du premier zingage, et traitée avec elles comme nous allons le dire. Le plomb riche est coupellé au four anglais; comme il est assez pur, la coupellation se fait très-bien.

Les écumes impures et aurifères provenant du premier zingage, ainsi que les scories épuisées provenant du traitement des matières riches, sont refondues au four à cuve avec du coke et des scories de fer. On obtient ainsi du plomb tenant 7 à 8 kilogrammes d'argent à la tonne, et des scories un peu argentifères qui sont refondues avec les minerais. Ce plomb est soumis au zingage séparément. On procède comme nous l'avons dit plus haut; seulement on ne sépare plus les crasses de la première opération. Le plomb désargenté est purifié, et les écumes riches sont traitées comme précédemment. L'argent obtenu tient $\frac{1}{1000}$ d'or.

On peut se demander pourquoi l'on applique aux premières écumes un traitement si différent de celui que suivent les autres. Cela tient à leur impureté et à celle des scories zincifères qu'on mélange avec elles. Les réactions des chlorures donneraient un plomb trop impur pour être coupellé facilement : on a remarqué en effet que, lorsque le plomb contient à la fois du cuivre et de l'or, sa coupellation est très-difficile; il se forme des grumeaux d'alliage ternaire de plomb, cuivre et or, qui exigent une très-haute température pour être décomposés, et qui, par suite, occasionnent des pertes considérables. Le fait a surtout été bien établi à Braubach, où la richesse en or et en cuivre est beaucoup plus grande qu'à Call. Il paraît que la purification obtenue au four à cuve est plus grande, et le plomb plus facile à coupeller. Il est vrai que les pertes au four à cuve doivent être assez importantes; néanmoins l'expérience s'est prononcée en faveur de ce mode de traitement. Quoi qu'il en soit, nous croyons que si les premières écumes ne renfermaient pas d'or, il serait préfé-

rable de les traiter avec les autres, et d'abandonner totalement le traitement imparfait du four à cuve.

Nous allons maintenant indiquer comment on tire parti des scories zincifères provenant de la purification des plombs pauvres. Tout d'abord on les traitait par l'eau, afin d'en retirer le chlorure de zinc qu'elles contiennent; mais ce sel ne se vendait pas, et l'on a renoncé à ce mode de traitement. Actuellement, on les mélange avec les crasses antimoniales provenant de l'action de la chaux et du perchage sur le plomb débarrassé du zinc, et on les refond au four à cuve avec des scories de fer destinées à scorifier le zinc. On obtient ainsi un plomb dur, tenant 2 à 3 p. 100 d'antimoine. Ce plomb est refondu dans une chaudière et traité par la chaux, afin de lui enlever la majeure partie de son antimoine. On produit ainsi un métal assez pur pour pouvoir être laminé en feuilles et utilisé sous cette forme.

Les crasses que l'on a retirées lors du traitement de ce plomb antimonial par la chaux, sont refondues à leur tour au four à cuve : elles donnent un plomb renfermant 10 à 14 p. 100 d'antimoine, et très-impur d'ailleurs. Pour le rendre propre à servir d'alliage pour caractères d'imprimerie, on le refond dans une chaudière de zingage, et on lui ajoute 0,5 p. 100 de nitrate de soude. Ce sel oxyde les impuretés; on brasse pour augmenter son action, et il reste un très-beau plomb dur à 10 à 12 p. 100 d'antimoine, qui est vendu pour caractères d'imprimerie. Les crasses provenant de cette purification sont ajoutées au lit de fusion pour plomb antimonial.

Tel est, dans tous ses détails, le procédé de désargentation et de traitement des plombs dans l'usine de Call. Si l'on écarte les opérations secondaires nécessitées par les produits successifs, on voit disparaître toute espèce de complication, et le procédé apparaît très-simple. Il est caractérisé par la lenteur des réactions et les basses températures auxquelles elles s'effectuent. Cette dernière condi-

tion doit avoir pour conséquence nécessaire de rendre les pertes très-faibles ; c'est ce qui arrive en effet : si l'on tient compte du plomb employé à l'état de sulfate, et qui n'est payé qu'au prix du plomb métallique, on trouve que le poids des produits marchands retirés du plomb d'œuvre n'est inférieur à celui de ce dernier que de 1,5 p. 100. En ayant égard aux impuretés qu'il contient, la perte réelle en plomb est donc insignifiante. La perte en argent est également très-faible ; la désargentation étant très-complète, elle ne peut provenir que de la coupellation ; il est difficile de l'exprimer exactement, les essais pour argent n'ayant jamais aucune rigueur. Dans tous les cas, la quantité d'argent extraite est toujours au moins aussi grande que celle qu'indiquent ces essais.

Il est un caractère, du reste, qui montre bien, *à priori*, combien ces pertes doivent être faibles : quand on se promène dans l'atelier, où toutes les réactions ont lieu dans des chaudières non couvertes, on n'est nullement incommodé par les vapeurs et l'on n'en aperçoit aucune. Il n'y a que la chaudière qui traite les écumes riches qui donne lieu à un dégagement d'ammoniaque.

Ce traitement a aussi le grand avantage de donner immédiatement une très-forte proportion de plomb marchand de première qualité. On a vu plus haut qu'il restait dans la chaudière de zingage environ 12t,5 de plomb purifié, provenant de 15 tonnes de plomb d'œuvre. Mais on a en outre du métal provenant du ressuage des écumes. Ce ressuage donne 2.600 kilogrammes de plomb dont la moitié environ sert à remplir la chaudière après le deuxième zingage ; on en emploie aussi 250 à 300 kilogrammes pour l'épuisement des scories lors du traitement des écumes riches ; il en reste donc un excès d'environ une tonne, qui doit être soumis au zingage et qui donnera un peu moins d'une tonne de plomb pur. La totalité du plomb marchand retiré de 15 tonnes de plomb d'œuvre sera donc d'en-

viron 13t,5, ce qui fait une différence de 0,1 seulement.

Le reste du plomb se trouve dans les premières écumes, dans l'alliage riche, et dans tous les produits secondaires.

Quant au prix de revient du traitement, nous allons chercher à l'établir d'après les chiffres qui nous ont été communiqués. Seulement, nous ne tiendrons compte ni des frais de coupellation qui sont toujours faibles, car une tonne de plomb d'œuvre ne donne pas plus de 30 kilogrammes d'alliage à coupeller, ni des frais généraux que nous ne connaissons pas.

On n'emploie que trois ouvriers : un chauffeur et deux manipulateurs, par poste de douze heures. Or, en vingt-quatre heures, on traite en moyenne 12 tonnes de plomb d'œuvre. La main-d'œuvre correspondant à une tonne sera donc d'une demi-journée seulement, ce qui fait, à Call, une dépense de 1f,37.

Pour effectuer le traitement complet d'une tonne de plomb d'œuvre, il faut, à cause des produits intermédiaires qu'on doit refondre, soumettre au zingage 1.100 kilogrammes de métal et traiter 440 kilogrammes d'écumes riches ; on emploiera donc :

	francs.
15k,2 de zinc à 0f,56 valant.	8,51
3k,6 de sel marin à 0f,045 valant.	0,16
8k,8 de carnallite à 0f,0375 valant.	0,33
3k,0 de sel ammoniac à 0f,50 valant. . . .	1,50
Total.	10,50

Il y a toujours quatre chaudières en marche, dont trois pour le zingage et la purification du plomb et une pour le traitement des écumes riches. De plus, deux autres chaudières, employées d'une manière intermittente, servent, soit à la liquation des écumes, soit à l'épuration du plomb dur. La première marche un jour sur cinq, et la deuxième

un jour sur trente. La consommation moyenne et journalière de charbon sous les chaudières est donc de

$$400\left(4+\frac{1}{5}+\frac{1}{30}\right)=1\,693 \text{ kilog.}$$

La consommation correspondant à une tonne de plomb d'œuvre traitée sera, par suite, de 140 kilogrammes, ce qui représente, à raison de 25 francs la tonne, une dépense de $3^f,52$.

L'ensemble des dépenses peut donc se décomposer ainsi qu'il suit :

	francs.
Main-d'œuvre	1,37
Zinc et réactifs	10,50
Houille	3,52
Total	15,39

Il faudrait ajouter à cela les frais de fusion au four à cuve des premières écumes et des produits intermédiaires. Ces frais sont très-faibles, car ils portent sur de petites quantités de matières, mais nous ne pouvons les évaluer exactement. Si l'on tenait compte de la perte en plomb, qui s'élève à 15 kilogrammes par tonne, le prix de revient se trouverait augmenté de $5^f,90$. Mais comme on traite des plombs d'œuvre non raffinés, cette perte ne peut être attribuée à la désargentation, car le raffinage seul, quel que soit le procédé employé, en donnerait une qui lui serait comparable.

En résumé, le procédé que nous venons de décrire nous paraît très-recommandable, tant par la perfection de la désargentation et de la purification du plomb, que par son faible prix de revient, les pertes insignifiantes auxquelles il donne lieu, et l'absence complète de dangers que présente son application.

NOTE

SUR UN ACCIDENT SURVENU DANS UNE SUCRERIE A CRUZIN (NORD).

M. le préfet du Nord a transmis au mois de septembre dernier à Son Excellence M. le ministre des travaux publics, qui les a renvoyés à l'examen de la commission centrale des machines à vapeur, les rapports qu'il a reçus des ingénieurs des mines sur un accident arrivé dans la sucrerie de MM. Miroux et compagnie, à Cruzin (Nord).

Cet accident, d'une nature toute spéciale, n'a pas paru à la commission centrale, non plus qu'aux auteurs des rapports, intéresser la responsabilité des propriétaires de l'établissement, ni d'aucun de leurs employés. Mais la commission centrale a pensé, en raison même des circonstances toutes particulières dans lesquelles il s'était produit, qu'il y aurait intérêt à lui donner la publicité des *Annales des mines et des ponts et chaussées*, afin d'éveiller l'attention des industriels sur une cause de danger qui, sans doute, n'est pas généralement connue, ni même soupçonnée.

Voici comment les faits se sont passés :

La campagne sucrière précédente s'était, comme d'habitude, terminée vers la fin de février. Les divers générateurs avaient été vidés et laissés en chômage pendant tout l'été. Au moment de reprendre la fabrication vers le milieu du mois de septembre, on s'occupa de procéder au nettoyage général des chaudières, que l'on supposait entièrement vides et sèches depuis longtemps.

Plusieurs jeunes gens de seize à dix-sept ans furent désignés pour pénétrer dans les chaudières et les bouilleurs et opérer ce nettoyage.

Un de ces jeunes gens, qui venait déjà de faire avec un

de ses camarades l'opération sur deux bouilleurs sans aucun accident quelconque, ne fut pas aussi heureux au troisième.

Il paraît que ce bouilleur, soit à la pose qui remonte à plus de vingt ans, soit postérieurement à la pose, par suite d'un tassement des maçonneries, avait reçu ou pris une certaine inclinaison dans le sens de l'avant à l'arrière; de sorte qu'au moment où l'on avait cru le vider entièrement par l'avant, il y était resté une certaine quantité d'eau à l'arrière. Cette eau ainsi préservée de l'évaporation, et contenant en dissolution certaines matières organiques, s'était peu à peu corrompue et chargée de miasmes putrides, qui cependant ne se manifestèrent par aucune odeur sensible, lorsqu'on ouvrit le bouilleur pour y pénétrer.

Le malheureux jeune homme chargé de l'opération s'avança en rampant sans apercevoir aucun danger, jusqu'à ce que sa figure vint en contact avec le limon fétide qui croupissait à l'extrémité postérieure du bouilleur. Il ne put ni reculer ni donner aucun signal d'alarme précis. Ce fut seulement son camarade qui entendit des gémissements étouffés et se hâta d'appeler au secours.

Un surveillant dont le nom mérite d'être cité, le sieur Homerin, se précipita aussitôt dans le bouilleur avec une longue corde, et attacha la victime par un pied; mais au moment de se retirer, il se trouva lui-même sur le point d'être asphyxié. Il n'eut pas la force de faire connaître qu'il était prêt, et ce fut sur leur propre inspiration que les hommes restés au dehors tirèrent sur la corde et ramenèrent les deux corps à la fois.

Tel est l'événement singulier qui s'est produit dans l'établissement de MM. Miroux et compagnie, où fonctionnent depuis longues années de nombreux appareils à vapeur, qui jamais n'avaient donné lieu à rien de pareil. Il est donc évident qu'il y a là une circonstance fortuite, un de ces cas contre lesquels la prévoyance humaine est impuissante.

Cependant il en résulte un enseignement qu'il est bon de ne pas perdre de vue : c'est que, sous certaines conditions, de l'eau contenant des matières organiques peut, par une longue stagnation dans une atmosphère confinée, se charger de miasmes excessivement délétères, produisant *au contact* des effets presque foudroyants, sans être, pour cela, perceptibles *à distance*, et ainsi doublement dangereux. Il paraîtrait donc opportun, lorsque les chaudières ne sont pas entièrement vidées et doivent rester un temps plus ou moins long en chômage, d'en assurer la ventilation en ouvrant les extrémités des bouilleurs et le trou d'homme, ou tout au moins de s'assurer, avant d'y pénétrer, qu'on peut le faire sans danger.

Telle est la seule conclusion qui puisse être formulée à l'occasion de l'accident dont il vient d'être rendu compte.

L'ingénieur en chef des mines, rapporteur de la commission centrale des machines à vapeur,

J. CALLON.

RESSOURCES MINÉRALES DE L'ARIÉGE.

Par M. MUSSY, ingénieur des mines.

TROISIÈME PARTIE.

I. — Carrières.

Les produits des carrières du département de l'Ariége sont nombreux et variés. Les principaux sont :

1° Gypses ou pierres à plâtre;
2° Ardoises;
3° Talc;
4° Baryte sulfatée;
5° Kaolin;
6° Marbres;
7° Matériaux de construction ou utilisés pour l'agriculture.

I. — *Gypses ou pierres à plâtre.*

Les gypses sont généralement en relation avec les roches ophitiques et comme ces dernières, se présentent dans un grand nombre des formations géologiques du département.

Si l'on excepte les gypses translucides, en couches régulières dans les marnes irisées, on voit presque toujours les gisements de pierres à plâtre, se présenter comme les ophites en masses indistinctes, à stratification confuse ; la texture du gypse est granuleuse, cristalloïde; l'intérieur est parsemé de paillettes de mica et cristaux de pyrites de fer; l'anhydrite y est fréquente ; l'ensemble de la roche a un aspect éminemment métamorphique.

Certains de ces gisements sont considérables et donnent lieu à de grandes exploitations ; tels sont ceux d'Arignac, Bedeillac, Betchat ; la plupart des autres quoique assez souvent importants sont peu connus et peu exploités.

Les affleurements de gypse les mieux déterminés sont les suivants classés par ordre de terrains.

1° Terrains de transition.

Gypse de Lacour. — Au milieu de l'ophite de Lacour est un bassin gypseux à peu près circulaire, pouvant avoir une centaine de mètres de diamètre; sur ce gypse sont deux carrières assez anciennes, l'une assez grande ayant une profondeur de 40 mètres, un front de taille de 30 mètres, exploitée en descenderie très-roide, avec piliers de soutènement et escaliers en spirale.

Tout à côté est une petite carrière de 5 à 6 mètres de profondeur.

La production annnelle de ces deux carrières est de 5,000 à 6,000 quintaux métriques; le plâtre est vendu au moulin à raison de 1 franc les 100 kilogrammes.

Gypse de Rouze (Quérigut). — Dans le canton de Quérigut, entre Rouze et Campagna, est dans les calcschistes un affleurement considérable gypseux sur lequel sont des carrières assez anciennes, exploitées pour les besoins de la localité; leur production annuelle est de 10,000 quintaux métriques.

2° Marnes irisées.

Gypse de Rimont. — Sur les bords du massif ophitique qui s'étend de Castelnau à Téoule de Baliar, sont en plusieurs points des apparences de gypse peu connues et inexploitées.

Sur les bords de l'ancienne route de Castelnau à Rimont, au pied de la dernière montée, est une excavation de quelques mètres sur un affleurement de gypse très-blanc, largement fibreux, translucide, qui pourrait être utilisé pour l'art statuaire.

De l'autre côté de Rimont à la descente qui va à Lescure, sont également au-dessous de la métairie de Ferrajau des affleurements gypseux assez considérables placés à la lisière septentrionale de l'ophite.

A l'extrémité occidentale de la longue bande ophitique à Hounta de Baliar, est une petite carrière de gypse rouge, utilisé pour l'agriculture; sa production annuelle est d'environ 1,000 hectolitres.

3° Lias.

Gypse de Prat. — Dans le voisinage de Prat, situé sur la rive

gauche du Sallat, est, sous le château du village, une masse ophitique entourée sur plusieurs points d'indices gypseux.

4° Marnes supraliasiques.

Gypse d'Arignac et Bédeillac. — Le gisement de gypse d'Arignac et Bédeillac est formé d'une couche puissante, presque verticale et à peu près continue, depuis le village d'Arignac jusqu'au hameau d'Aynat; la masse minérale atteint parfois 100 mètres de puissance, dépasse généralement 50 mètres, elle plonge de quelques degrés du sud et affleure régulièrement de l'est à l'ouest sur près de 2 kilomètres en suivant la direction o,35 à 40° N; elle est traversée en biais par la rivière de Saurat, qui y a creusé un ravin profond de 100 à 150 mètres; sur les deux bords de la rivière sont réparties irrégulièrement les nombreuses carrières de Bédeillac et Arignac; celle de l'ouest sur sa vie gauche, celle de l'est sur sa rive droite..

L'exploitation de ces carrières se fait par simples tranchées superficielles le long de l'escarpement produit par le ravin; souvent on se contente de gratter la surface sur quelques mètres et on abandonne un chantier dès que les terres superficielles excavées sans soutenement, tombent pour le recouvrir; un très-petit nombre de carrières sont exploitées régulièrement par banquettes à talus convenables.

Les carrières appartiennent partie à des particuliers, partie aux communes.

Le gypse de ces carrières est très-blanc, cristallin, contient des paillettes de mica et des grains de pyrite; il s'exporte en grande quantité aux environs de Toulouse où il est utilisé pour les constructions et l'agriculture.

Ce gisement de gypse est en relation manifeste avec des roches ophitiques; ces dernières apparaissent rarement au jour dans le voisinage immédiat des carrières; on en voit cependant des traces à la carrière d'Arignac située à l'extrémité orientale de la couche minérale; le gisement repose sur les granites et roches métamorphiques primitives des montagnes du Prat-d'Albis; il est connexe des schistes ardoisiers supraliasiques; au-dessus reposent en stratification discordante, les assises compactes du calcaire à dicérates qui forment le sommet du pic isolé de Soutours.

L'exploitation des carrières d'Arignac et Bédeillac est une industrie importante, elle produit de la pierre à plâtre pour seize fours de cuisson et autant de moulins, répartis ainsi qu'il suit:

6 fours ou moulins		à Arignac.
4	—	à Bédeillac.
1	—	à Bonpas.
2	—	à Saint-Paul.
1	—	à Labarre.
1	—	à Saint-Jean.
1	—	à Crampagna.

Chacun de ces fours ou moulins occupe quatre ouvriers, dont deux pour l'usine et quatre pour la carrière, produit par an de 12 à 15.000 hectolitres de plâtre, ce qui correspond à une production totale annuelle de 200 à 240.000 hectolitres.

L'hectolitre de plâtre se vend à Arignac, au sortir de l'usine, 0f,80 dont

	francs.
Abatage de la pierre et menus frais	0,25
Bois pour la cuisson	0,30
Façon	0,10
Patente, impôts et divers	0,10
Bénéfice	0,05
Le port d'Arignac à la gare de Foix est de	0,30

Le prix de l'abatage de la pierre et son transport à l'usine pourrait être notablement diminué par la suppression du transport à dos de mulets très-onéreux, et l'exécution des voies économiques de transport, soit route, soit chemin de fer ou tout autre.

Depuis quelques années la cuisson du plâtre se fait à certains fours avec du coke du bassin de Decazeville ; ce coke revient aux usines à 55 francs la tonne, par ce moyen la consommation de combustible par hectolitre est réduite à 0f,25.

Sur le revers méridional du pic de Soutours un peu au-dessus de Surba, on a constaté depuis longtemps quelques traces de gisements gypseux sur lesquelles, à diverses reprises, ont été faites des tentatives infructueuses de recherches; le plâtre y est rouge et de qualité médiocre.

Gypse d'Arnave.—En face des carrières d'Arignac, et Bédeillac sur la rive droite de la rivière de l'Ariége, on trouve au vallon d'Arnave et dans le voisinage immédiat du vallon de ce nom, un gisement de gypse moins important que le premier, mais placé dans des conditions absolument identiques; la masse minérale forme une assise allongée, dirigée O. 35 à 40° N., presque verticale avec plongement de 70 à 80° S. L'affleurement peut avoir 200 à 240 mètres de long sur 20 à 40 mètres de puissance. Le gypse est comme à Arignac très-blanc cristallin, contient des paillettes de mica et des

grains de pyrite de fer, et est en relation manifeste avec des roches ophitiques bien visibles à la surface.

Le gisement repose sur les terrains primitifs des montagnes de Mercus et Tabes, et supporte la formation de schistes supraliasiques très-puissante du col d'Ussat.

Les carrières d'Arnave sont exploitées par tranchées à ciel ouvert, avec talus et banquettes mieux aménagées qu'à Arignac ; elles ne sont pas très-étendues et donnent du gypse à trois fours de cuisson et autant de moulins situés tous à Arnave.

La production moyenne annuelle de ces trois fours est de 40 à 45.000 hectolitres.

Au point de vue des transports, les carrières d'Arnave sont placées dans de meilleures conditions que celles d'Arignac ; les charrettes peuvent atteindre le pied des carrières, situées, du reste, au niveau même de la vallée.

A Arnave, comme à Arignac et Bédeillac, le four de cuisson est conique circulaire, à une hauteur de 4 mètres, son diamètre à la base est de 2 mètres, à la partie supérieure de $1^{m},50$; la grille inférieure est rectangulaire, a 2 mètres de long sur $0^{m},50$ de large.

Chaque fournée contient 80 hectolitres de plâtre, exige 8 à 9 heures pour sa cuisson et une journée de travail, en y comprenant le temps de chargement et de déchargement; quand on brûle du coke, la consommation du combustible est de 4 à 5 kilogrammes par hectolitre de plâtre.

Gypse du bassin de Massat. — L'étage des schistes supraliasiques qui occupe le centre du bassin de Massat, contient, dans son voisinage avec les roches primitives des montagnes de Soulan et Boussenac, un assez grand nombre d'affleurements gypseux en relation évidente avec les ophites. Quelques-uns d'entre eux ont été l'objet de travaux d'exploitation purement locaux; les principaux affleurements sont, en marchant de l'ouest vers l'est, ceux de : Biech, près d'Aleu, Matalas, la Rouqueille et le Touron, près Massat, le sommet du col de Port sur le versant de Massat, etc. ; ces exploitations sont très-irrégulières, ne dépassent pas quelques milliers d'hectolitres par an ; sur la même ligne d'affleurement, sont un très-grand nombre d'indices gypseux qui n'ont jamais été l'objet d'aucune recherche.

Au col de Port, on voit de très-grandes excavations qui attestent l'existence d'anciens travaux considérables.

° Crétacé supérieur.

Gypse de Bonrepeaux. — Dans le voisinage de Bonrepeaux sur le bord du Sallat, l'ophite vert cristallin apparaît en bande étroite, de Bonrepeaux au cap de la Lane sur 2 kilomètres avec une épaisseur de 100 à 200 mètres; dans ce parcours, vers Bonrepeaux et la métairie du Barbut, il présente deux amas gypseux dont les affleurements à Bonrepeaux, peuvent avoir 150 à 200 mètres d'étendue en tous sens et à peu près moitié au Barbut.

A Bonrepeaux sont trois carrières dont une ancienne, assez mal exploitée comme à Betchat, par descenderies et escaliers en spirale. La plus profonde peut avoir 25 à 30 mètres; les carrières du Barbut sont au nombre de deux, encore plus anciennes et plus mal exploitées.

Le gypse de Bonrepeaux est très-cristallin, analogue à celui de Betchat; le plâtre est de très-belle qualité, et est vendu à St-Girons pour les constructions au prix de 0f.80 les 100 kilogrammes.

La production annuelle des carrières de Bonrepeaux et du Barbut est de 10 à 12.000 quintaux métriques; le plâtre est travaillé et cuit dans les mêmes conditions qu'à Betchat.

Gypse de Benaix. — Dans la commune de Benaix entre les hameaux de Roussou et Pagès, les marnes crétacées présentent un affleurement gypseux assez considérable, sur lequel a été commencée une carrière très-récente; le gypse est roux, le plâtre cuit sur place est utilisé pour l'agriculture; il se vend à la carrière au prix de 0f,95 l'hectolitre et de 1f,25 rendu à Bélesta ou Lavelanet. La production annuelle de cette carrière est de 3 à 4.000 hectolitres.

6° Terrain nummulitique.

Gypse de Gausseraing. — Si l'on suit la grande route qui va du Mas-d'Azil à Lescure un peu avant d'atteindre le hameau de Piconis, on trouve à l'entrée du vallon de Gausseraing sur le bord de la grande route, une carrière assez ancienne de gypse exploitée pour les besoins du voisinage; le gypse est rouge de qualité médiocre.

Ce gisement enclavé dans l'étage des grès et quartzites de l'étage nummulique inférieur, est en relation avec des masses d'ophite l'affleurement est considérable et occupe près de 100 mètres d'étendue presque en tout sens.

Un gisement de même nature, mais moins important, se voit au sommet de la vallée de Gausseraing et au quartier de Sarradas.

La production annuelle de ces carrières peut être de 5 à 6.000 hectolitres.

Gypse de Bélesta. — Au fond du vallon de Laborie près Bélesta, un peu au delà du hameau du Col-del-Teil, est une carrière de gypse exploitée depuis plusieurs années; elle est située à gauche et à 100 mètres au-dessous de la route qui conduit de Bélesta à Quillan.

Ce gypse est en relation avec les marnes inframiliolitiques. L'exploitation, d'assez médiocre importance, a lieu par tranchées peu profondes, à ciel ouvert; le gypse est rouge et de qualité médiocre, il est bon pour l'agriculture. Cette carrière donne du gypse à deux fours et autant de moulins dont la production totale annuelle peut être évaluée à 4.000 hectolitres.

Gypse de Betchat. — A l'extrémité nord-ouest du canton de Betchat et du département de l'Ariége, est une formation gypseuse très-importante en relation manifeste avec les roches ophitiques, qui paraissent elles-mêmes se rattacher aux formations marneuses de l'étage nummulitique supérieur.

Cette formation gypseuse occupe un large espace triangulaire allongé, dont la base ayant 12 à 1.500 mètres, suit le chemin qui conduit du hameau de Clouzet au vieux château de Castel-Bon. Les deux côtés du triangle sont formés, du côté de l'ouest, par le chemin de Clouzet à Jourdyic par Pontsole; du côté de l'est, par le ruisseau du Lins qui forme limite de l'Ariége et la Haute-Garonne. La hauteur de ce triangle est de 2 kilomètres. Sur la rive droite du Lins dans la Haute-Garonne, la formation gypseuse s'étend en lisière étroite d'une centaine de mètres où sont quelques carrières très-anciennes presque toutes abandonnées.

Au centre du triangle minéral de Betchat, et surtout vers sa base, est un large massif ophitique très-cristallin qui s'étend entre les hameaux de Charron, Ponsole, Grange et Castel-Bon; l'ophite est vert, largement cristallin, formé de feldspath labrador et amphibole; à l'extrémité septentrionale du bassin gypseux et surtout sur la rive droite de Lins est un bourrelet étroit et saillant d'ophite de même nature.

Tout autour du noyau d'ophitique central, le gypse est disposé en forme de croissant très-épais au nord-ouest et à l'ouest, mince au sud et à l'est; dans sa région la plus riche, au quartier de Jourdyic, la masse gypseuse affleure sur une largeur de 500 à 600 mètres du nord au sud et une étendue de l'est à l'ouest d'un kilomètre; son épaisseur, qui a été fréquemment sondée sur 50 à 60 mètres par les travaux d'exploitation, sans recouper la roche stérile, est très-grande et inconnue.

Le gypse est disposé en masses irrégulières, de qualité variable, séparées par de vastes surfaces de délits entre-croisés, plongeant en tout sens de 40 à 45 degrés; il est toujours plus ou moins cristallin, rarement complétement blanc comme à Arignac, souvent un peu grisâtre terreux, assez fréquemment même coloré en rouge ou en vert, surtout à la surface, par des ocres; il est exporté assez loin aux environs de Toulouse, où il est utilisé principalement pour l'agriculture.

Le plateau de Betchat est généralement ondulé et presque horizontal, l'exploitation des carrières est toujours souterraine; à peu près partout, on commence à enlever une petite épaisseur de terre végétale, on recoupe quelques mètres d'épaisseur de gypse de mauvaise qualité, terreux, rouge ou vert, et on pénètre alors dans le gypse gris plus ou moins cristallin, vendable; on descend dans cette masse par larges tailles en descenderies de 40 à 50 degrés, suivant les délits naturels de l'amas qui le découpent en tranches inclinées de qualité plus ou moins cristalline et variable; de temps à autre, tous les 10 ou 15 mètres, on réserve des piliers plus ou moins irréguliers, verticaux ou inclinés perpendiculairement aux délits, pour soutenir la voûte; ces piliers sont généralement mal respectés. On pénètre dans cette carrière par des escaliers assez larges creusés dans le gypse, qui, contournés les uns sur les autres, descendent lentement en spirale jusqu'aux fronts des tailles. ces escaliers, souvent mal tracés et mal protégés, servent au transport barbare de la pierre à plâtre, du front des tailles jusqu'au jour; des femmes et des enfants, chargés d'une pierre sur la tête, en gravissent péniblement les marches.

Dans certaines carrières, le front des tailles atteint de 40 à 50 mètres, le parcours de l'escalier dépasse 100 et 150 mètres, les piliers rares et mal conservés n'ont que quelques mètres d'épaisseur, soutiennent des voûtes de plus de 10 mètres de haut et 15 mètres d'ouverture; au bout d'un certain temps, l'eau pénètre au front des tailles; les piliers s'amincissent, les vides s'augmentent, la voûte s'effondre et la carrière n'est plus visible à la surface que par une petite dépression remplie par une mare d'eau stagnante.

La production annuelle des carrières de Betchat répartie entre dix-huit fabricants est de 270.000 quintaux métriques.

Le plâtre est vendu rendu à Mazères sur le chemin de fer de Saint-Girons à Toulouse au prix de, les 100 kilog. 0f,75 dont

	francs.
Abatage de la pierre, main-d'œuvre et transport au four. .	0,16
Poudre et outils.	0,06
Bois pour la cuisson.	0,16
Transport du fourneau à Mazères.	0,30
Bénéfice du fabricant.	0,17

Le plâtre est cuit dans des fours ouverts par le devant, très-primitifs, de dimensions un peu variables; chaque fournée contient 60 à 100 quintaux métriques de plâtre et brûle 130 à 200 fagots de bois valant 8 francs les 100; la plupart des moulins à plâtre sont sur les bords du Sallat, aux environs de Mazères et de Boussens.

II. — Ardoises.

1° Schistes siluriens.

Vallée d'Ascou. — Les schistes de la vallée d'Ascou, près Ax, sont souvent fissiles, donnent quelques exploitations d'ardoise aux points suivants :

Le village d'Ascou contre la rivière, Montmija, près le col de Paillères; la crête de la Maure ou Tarbesou, entre Ascou et Mijanès, et au fond du vallon de Naguille, quartier du Pinet.

Lercoul. — Un peu au-dessous et à l'est du village de Lercoul, au quartier d'Enmercié, est une belle exploitation d'ardoise sur un banc de schiste ancien.

L'ardoise est un peu épaisse, verdâtre, mais résiste bien au mauvais temps et à une longue durée.

La couche schisteuse est orientée O. 30° S. avec plongement de 65 à 70 degrés au sud; la région susceptible de donner de l'ardoise a près de 300 mètres de l'est à l'ouest.

Les carrières sont nombreuses, généralement peu profondes, toujours faites à ciel ouvert et occupent de trente à quarante ouvriers. Le produit annuel de ces carrières peut être de 30,000 mètres quarrés vendus au prix de 0f,30 à 0f,40 le mètre quarré.

Des carrières de même nature, mais moins importantes, sont comprises dans les communes de Siguer et Gestiés.

Divers. — Dans presque toutes les hautes vallées de l'Ariége, les mêmes schistes donnent quelques exploitations d'ardoise plus

ou moins importantes exploitées au fur et à mesure des besoins du voisinage.

Les principales sont celles de :

Unac, Luzenac et Garanoa, vallée de l'Ariége.

Châteauverdun, vallée d'Aston.

Miglos, Gestiés, Siguer, Lercoul, Goulier, Saleix, vallée de Vicdessos.

Le Fouillet d'Aulus, Ustou, Coufiens, vallée d'Oust.

Balmiou, le Piouset, vallée de Massat.

Orle, Sentein, Antras, vallée de Biros, etc., etc.

2° Schistes supraliasiques.

La Bellongue. — Dans la vallée de la Bellongue, près Castillon, les schistes supraliasiques sur plusieurs points deviennent très-fissiles, se lèvent en belles dalles très minces et donnent des exploitations ardoisières, dont les produits sont utilisés dans le voisinage et s'exportent même à quelque distance.

Les principales carrières sont celles de :

Arrout, Saint-Lary, Sarrepelade d'Augirein et Cescau.

Celles d'Arrout et Saint-Lary sont l'objet de travaux continus et réguliers; elles occupent douze à quinze ouvriers; leur production annuelle peut atteindre 15.000 mètres quarrés, vendus au prix de 0f,30 à 0f,40 le mètre quarré.

Les bancs ardoisiers sont disposés au milieu des schistes en filons verticaux de 1 mètre à 1m,50 de largeur, séparés entre eux par des bancs moins fissiles impropres au travail de l'ardoise. L'exploitation se fait par grandes tailles souterraines en descendant dans la montagne.

A Saint-Lary, quartier de Catarage, on compte trois filons ardoisiers exploités, visibles sur 50 mètres de hauteur.

Au pic d'Arrout, où sont les principales exploitations, on a constaté cinq ou six couches de bonnes ardoises, qui affleurent aux deux versants est et ouest du pic, sur plus de 200 mètres d'étendue.

III. — Talc.

1° Micaschistes.

Lordat. — Au fond des montagnes de Lordat, sur la crête de la montagne de Saint-Barthélemy, est une carrière de talc dans des micaschistes.

Au voisinage immédiat des roches primitives, elle est formée de deux couches parallèles : l'une, inférieure, a 3 mètres d'épaisseur, séparée en deux bancs par un nerf schisteux de 0m,30 ; elle contient un talc très-blanc et pur, et a été exploitée par tranchées superficielles de 6 à 7 mètres de profondeur et autant de large sur 50 mètres de longueur.

La couche supérieure, séparée de la première par 6 mètres de schiste, peut avoir 2 mètres et a été explorée par tranchées superficielles; le talc en est moins pur et est mélangé de schiste talqueux verdâtre. Au toit sont des calcaires avec belles cristallisations d'amphibole en aiguilles, réparties en tout sens au milieu d'une pâte grenue dolomitique.

Cette carrière est située à près de 2,000 mètres au-dessus de la mer; le transport du talc au moulin à Luzenac, sur le bord de l'Ariége, se fait à dos de mulets et est très-onéreux.

Cette exploitation dans les bonnes années a pu atteindre 8 et 10,000 quintaux métriques.

2° Schistes siluriens.

Montferrier et Montségur. — Au fond des vallées de Manzone et de Montségur, est une bande étroite de schistes talqueux et métamorphiques, renfermant à leur partie supérieure contre un calcaire dolomitique, une couche assez régulière de talc un peu impur, verdâtre et mélangé de schiste; la couche a une épaisseur variable de 0m,80 à 1m,20. Dans ces derniers temps, on a expédié 200 à 300 quintaux de ce talc vendu à Toulouse au prix de 6f,50 les 100 kilogrammes.

Les travaux de recherches consistent en plusieurs tranchées superficielles entre le col de Manzone et la canalette de Montségur.

On a constaté dans le département plusieurs autres affleurements de talc à des niveaux très-élevés, entre autres, au quartier d'Artounan, dans les montagnes de Mijanés (canton de Quérigut), et au quartier de Blancou dans les montagnes de Rabat; ce talc est toujours compris dans des schistes verdâtres, très-métamorphiques et attenant à des roches primitives.

IV. — Baryte sulfatée.

1° Dévonien.

Les calcaires dévoniens contiennent aux environs de Castelnau et Rimont, quelques amas de baryte sulfatée peu connus et peu explorés; ces barytes sont presque toujours tachées de matières minérales, tels que ocre, galène, pyrite de fer et carbonate de cuivre vert ou bleu ; les amas sont rarement continus et ont une importance médiocre; les principaux sont ceux de :

Matalis et la Cazace, près Castelnau-Durban, Doùache et le Sarrat de Milles près Rimont.

2° Grès bigarré.

La formation étroite des grés bigarrés qui s'étend du Col-del-Bouich vers Saint-Girons, contient un grand nombre de substances métalliques, telles que minerai de fer et de manganèse, cuivre gris, cuivre carbonaté vert et bleu, etc.; elle renferme également sur un grand nombre de points des amas en filons plus ou moins puissants de baryte sulfatée.

Cette baryte sert de gangue à la plupart des minerais, elle forme des masses assez considérables, aux anciennes mines de cuivre, du Gayet, près le Col-del-Bouich, de Moutou, du Caffre, Guinou et des Atiels; dans ce cas, elle est généralement salie par des taches minérales et ne peut être utilisée pour poudre blanche commerciale destinée à la sophistication des poudres de même couleur.

Plus à l'ouest, entre le hameau de Camel et Castelnau, la baryte s'étend régulièrement en larges couches de 3 à 4 mètres d'épaisseur, sur près de 2 kilomètres de l'est à l'ouest, en formant dans toute cette étendue la croûte superficielle des coteaux du grès bigarré.

Cette baryte est assez fréquemment tachée par des cuivres ou des terres ocreuses, mais sur un très-grand nombre de points, est assez pure pour être transformée en poudre commerciale, après simple lavage et une très-faible préparation mécanique.

A plusieurs reprises, cette baryte a été l'objet de travaux de recherches très-importants, fréquemment interrompus, qui n'ont pas réussi à poser encore, dans le pays, les bases d'une industrie sérieuse.

Au delà de Castelnau, dans la vallée de Tournay, les grès bigar-

rés contiennent également des amas de baryte encore peu explorés.

Deux moulins sont occupés à la trituration des barytes, l'un à la Bastide de Sérou, l'autre à Saint-Girons.

Leur production annuelle peut atteindre 9.000 à 10.000 quintaux métriques vendus à Paris ou à Marseille au prix de 6 à 10 francs le quintal, suivant la quantité; les frais sont les suivants:

Pour 100 kilogrammes :

	francs.
Extraction	0,50
Frais de lavage et triage	1,50
Port de la carrière à la gare	0,50
Port de la gare à Paris	4,20
Total	6,70

3° Lias supérieur.

A Gaujac, près Caumont, sur les bords du Sallat, sont en aval de Saint-Girons des traces de baryte sulfatée récemment découvertes.

V. — Kaolin.

La formation de gneiss et micaschiste de Mercus et Montoulieu, contient des feldspath qui par places se décomposent à l'air et se transforment en kaolins; sur plusieurs points, à diverses reprises ont eu lieu des tentatives d'exploitation mal suivies.

Ces gisements de kaolin sont très-nombreux dans la montagne de Mercus et Jarnat et surtout dans le voisinage de Seignaux, hameau de Montoulieu, la qualité en est parfois assez bonne.

Un échantillon de ces kaolins analysé à mon laboratoire a donné le résultat suivant :

Eau	7,8
Résidu non argileux inerte	21,7
Silice libre	6,9
Alumine	28,9
Silice combinée	30,7
Chaux et alcalis	3,6
Total	99,6
Oxyde de fer	traces

VI. — Marbres.

Un assez grand nombre de formations présentent d'une façon plus ou moins irrégulière, des roches susceptibles de prendre le poli et d'avoir la qualification de marbres ; je les examinerai successivement.

1° Granite.

Sur quelques points assez rares, le granite de l'Ariége devient tendre, le mica disparaît pour faire place à des talcs ou stéatites plus ou moins colorés imprégnés de spath calcaire ; cette stéatite, facile à tailler, devient parfois assez abondante et donne à toute la roche une structure tendre susceptible de prendre le poli.

Quelques tentatives d'exploitation pour marbre ont eu lieu à Bordes, vallée de Biros, où on trouve les variétés suivantes :

1° Couleur grise coupée par des veines blanches, bien déterminées, beau poli.

Marbre de belle qualité propre aux monuments funéraires.

2° Fond gris verdâtre, taches rouges obscures, quelque peu de blanc terne, pâte mal liée.

Marbre de médiocre qualité, propre au dallage et à des revêtements communs.

3° Marbre cervelas, dont la teinte générale est d'un rouge terne, coupée de veines d'un blanc sourd et d'autres d'un gris foncé.

Marbre de bonne qualité, propre à l'architecture et à la décoration des monuments publics.

4° Couleur chaude et sanguine, distribution régulière des accidents, beau poli.

Marbre de belle qualité, propre à l'architecture et à la décoration monumentale.

2° Gneiss et micaschiste.

Cette formation ne fournit pas de marbres ; elle ne présente sur aucun point des couches susceptibles de prendre le poli.

3° Silurien inférieur.

Cet étage est essentiellement ardoisier, ne renferme pas de calcaire pouvant donner des marbres.

4° Silurien supérieur.

Cet étage, essentiellement formé de calcschistes et calcaires, donne des marbres, griottes vertes ou rouges et blanches; les noyaux de la roche amygdaloïde sont blancs, de calcaire pur, susceptibles de prendre un très-beau poli; la pâte entrelacée est toujours schisteuse et terreuse, reste matte, se polit difficilement et le marbre est de qualité médiocre.

Les principales carrières sont celles des montagnes comprises entre Montferrier et Montségur et celles situées entre Couflens de Bennajou et Couflens de Salau, sur les bords du Sallat, au pont de la Taule. Escalatorte, Mimort et Estours. Sur ce dernier point, les griottes rouges et vertes sont très-abondantes et donnent parfois de pâles imitations du marbre Campan; les principales variétés sont les suivantes :

Au village de Martinat, en dessous de Montferrier, très-près de la rivière.

1° Marbre tirant sur le pourpre avec bandes blanches, calcaire saccaroïde avec petits filons spathiques.

Beau marbre d'architecture monumentale.

2° Marbre gris avec bandes blanches; calcaire compacte et filons spathiques.

Marbre d'ameublement et d'architecture.

3° Marbre violet à accidents blancs et vert sale; calcaire cristallin avec filons spathiques, entrelacé de schistes talqueux en petite quantité.

Beau marbre monumental pour l'intérieur.

4° Marbre rouge avec filets blancs; calcaire compacte avec petits filons spathiques, entrelacé de schiste talqueux vert.

Marbre d'ameublement et d'architecture pour l'intérieur.

Au-dessus du village de Sériés, dans le petit vallon de ce nom, au lieu dit Laréo.

5° Marbre gris clair avec veines d'une autre teinte; calcaire compacte entrelacé de schiste argileux.

Marbre commun pour ameublement.

6° Marbre rose clair nuancé, rubané; calcaire compacte entrelacé de schiste argileux en très-petite quantité.

7° Le même avec veinules blanc d'argent éclatant ; calcaire entrelacé, schiste talqueux blanc.

8° Marbre rouge sombre avec veines lie-de-vin ; calcaire compacte entrelacé de schiste talqueux.

9° Marbre violet foncé, veiné de vert ; calcaire compacte, entrelacé de schistes talqueux ; pour tous les quatre.

Beau marbre d'intérieur.

Près le col que l'on traverse en allant de Montferrier à Montségur.

10° Marbre noir à accidents blancs ; calcaire noir avec filons spathiques, à cassure conchoïde et angles vifs.

Marbre monumental et d'ameublement.

Sur les bords du Sallat, à Estours, Mimort, Escalatorte, le pont de la Taule.

11° Teinte rouge obscure mélangée d'un gris blanc et parsemée de petites taches verdâtres ; matière un peu terreuse.

Marbre de médiocre qualité, propre à des revêtements ou à des dallages.

12° Fond clair rosé, coupé par de petites arborisations et quelques taches d'un violet foncé ; pâte terreuse et coupée par des fils.

Marbre de médiocre qualité, propre à des revêtements ou à des dallages.

13° Fond blanc clair terne, teinte obscure, taches rouges et verdâtres, couleur et accidents mal déterminés.

Marbre de médiocre qualité, propre au carrelage et à des revêtements communs.

14° Marbre rouge sombre rubané ; calcaire compacte entrelacé de schiste talqueux lie-de-vin.

Marbre d'intérieur.

15° Des griottes vertes et blanches, imitant le marbre Campan et très-variées ; des griottes rouges et blanches généralement terreuses.

5° Dévonien.

Les calcaires dévoniens donnent souvent de très-beaux marbres rouges et blancs veinés et des griottes vertes, rouges et blanches, exploitées sur plusieurs points ; les principales variétés sont les suivantes :

Sur les bords du Sallat, entre Saint-Girons et Lacour, dans la commune d'Eycheil.

1° Marbre gris nuancé; calcaire gris plus ou moins foncé, entrelacé de schiste argileux.

Marbre commun pour ameublement.

2° Marbre rose ou rouge veiné blanc; compacte avec veines spathiques, renfermant quelques entroques et entrelacé de schistes talqueux en très-petite quantité.

Marbre monumental.

3° Fond rouge coupé par de petites veines blanches; beau poli.

Marbre de belle qualité propre à l'architecture et à la décoration des monuments publics.

4° Espèce de brèche verte, divisée en blanc terne et coupée par des veines d'un vert tirant sur le noir.

Marbre de belle qualité, propre à des revêtements et à des tablettes de monuments publics.

5° Autre espèce de brèche verte dont les accidents et les couleurs sont distribués plus également.

Marbre de belle qualité, propre à l'architecture et à la décoration intérieure des monuments publics.

6° Espèce de griotte d'un ton sanguin et chaud, sur un fond noir.

Marbre de belle qualité, propre à l'architecture et à la décoration monumentale.

7° Couleur ardoisée et égale, nuances soutenues et ondoyées.

Marbre de seconde qualité, propre à l'architecture et à la décoration monumentale.

8° Marbre vert émaillé de taches verdâtres.

Marbre de belle qualité, propre à faire des cheminées, des dessus de meubles, des revêtements, etc.

Dans la vallée de Tournay au quartier l'Espiougué.

9° Un beau marbre rouge, purpurin veiné, assez activement exploité.

Marbre d'ornements.

Dans toute la vallée du Nert, et notamment à Arbosi, au-dessus de Nivernert, au port de Crabious, au Cabessés.

10° Des griottes vertes et blanches.

11° Des griottes rouges et blanches.

12° Des marbres veinés rouges verts et blancs.

Tous ces marbres ont une pâte un peu terreuse, sont ternes et de qualité médiocre.

Sur les bords de l'Arize, entre Nescus et Estaniels, des marbres rouges et blancs veinés de belle qualité, analogues à ceux de la vallée de Tournay.

6°, 7°, 8° et 9° Grès bigarrés. — Marnes irrisées. — Ophites et lias inférieur.

Ces quatre formations ne donnent pas de marbre.

10° Lias supérieur.

Le lias supérieur est un étage essentiellement calcaire; il forme de grandes montagnes, tantôt à l'état dolomitique, tantôt à l'état purement calcaire et cristalloïde; dans le premier cas, il n'est pas susceptible de prendre le poli et ne donne pas de marbre; dans le second, il se polit assez facilement et donne parfois de très-beaux marbres, dont quelques-uns ont été l'objet d'exploitations anciennes et importantes.

Les principaux sont les suivants :

Sur le bord du Sallat, entre Seix et Couflens de Bémajou.

1° Brèche parsemée de taches sanguines sur un fond gris verdâtre et coupée par des veines d'un blanc gris.

Marbre commun propre à des revêtements ou à des dessus de meubles.

2° Fond clair, teinté d'un blanc gris, taches mal déterminées et d'une couleur obscure.

Marbre de médiocre qualité, propre au dallage ou à des revêtements communs.

3° Couleur brun foncé, étendue en lignes fibreuses et ayant quelque ressemblance avec le bois pétrifié.

Beau marbre monumental, propre à de beaux revêtements et à recevoir des moulures.

4° Blanc, gris, poli, mat.

Marbre commun, mais de bonne qualité, propre au carrelage ou à faire des colonnes, des bénitiers, des mortiers, etc.

5° Marbre noir intense; calcaire compacte ou faiblement cristallin, quelquefois un peu schisteux.

Beau marbre de décors et monumental.

6° Marbre gris, calcaire compacte entrelacé de schiste argileux.

Marbre commun pour ameublement.

7° Marbre gris, semé de points jaunes, avec accidents blancs, brèche calcaire avec filons spathiques.

Marbre d'ameublements.

Dans le vallon des Bintz, près Seix.

8° Marbre blanc; calcaire blanc saccharoïde à grains moyens.

Marbre commun pour ameublement.

9° Marbre blanc veiné; calcaire saccharoïde blanc avec veines roses, grises, jaunâtres, etc.

Marbre monumental.

10° Brèche à fond jaune, à fragments noirs et blancs; poudingue calcaire.

Beau marbre d'intérieur.

A Fond-Sainte, vallée d'Ustou.

11° De belles brèches jaunes et blanches.

Dans toute la vallée entre Aulus et Ercé.

12° Marbre blanc; calcaire saccharoïde blanc.

Marbre monumental, peut-être statuaire.

Sur les pentes des mêmes montagnes,

13° Brèche à fond jaune et à fragments blancs; poudingue calcaire à ciment jaune ou orangé.

Marbre monumental.

A la Bouche de Moulis et aux environs d'Alos.

14° De belles brèches noires jaunes et blanches à reflets dorés.

Marbre d'ornements.

Dans la vallée de Vicdessos à la montagne de la Bouiche et aux environs de Suc.

15° Marbre blanc; calcaire saccharoïde et souvent lamelleux.

Marbre monumental. Il paraît en général trop grenu pour le statuaire.

A la montagne de la Bouiche, près des amas de Lherzolète,

16° Brèche à fond jaune et à fragments blancs; poudingue calcaire à ciment jaune orange.

Marbre monumental.

Près de Niaux sur les bords de la route,

17° Marbre gris clair veiné de rouge; calcaire compacte.

Marbre commun pour ameublement.

A Mercus, près Tarascon,

18° Marbre noir et blanc avec petits critaux d'émeraudes.

Au sud de Bélesta, dans la vallée de Frau,

19° Des brèches de toute nature, rouges, jaunes, blanches et noires.

20° Blanc statuaire tirant sur le jaune, partagé par une nuance d'un jaune plus foncé.

Marbre de bonne qualité, propre pour le statuaire et approche des marbres blancs d'Italie.

11° Marnes supraliasiques.

La formation des marnes supraliasiques est schisteuse et ardoisière et ne donne pas de marbres.

12° Calcaire à dicérates (Dufrénoy), crétacé inférieur.

L'étage crétacé inférieur ou calcaire à dicérates est essentiellement calcaire, sa pâte est fine et susceptible très-souvent de prendre un très-beau poli et par suite de donner des marbres. Presque partout où affleure le calcaire à dicérates, la roche peut être polie; elle n'est utilisée comme marbre que quand sa teinte se prête à des ornementations convenables. De tous les marbres de l'Ariége, ceux de cet étage sont sans contredit les plus beaux et ils peuvent se prêter souvent à des exploitations fructueuses.

Les principaux sont les suivants :

Dans le vallon du Lez près Saint-Girons à Aubert,

1° Marbre noir intense; calcaire compacte noir, à large cassure conchoïde et angles vifs.

2° Marbre noir intense, à grands éclats blancs, calcaire de même nature que le précédent, avec grands accidents spathiques.

3° Marbre noir intense avec veinules et éclats blancs; calcaire de même nature que les précédents avec filons spathiques empâtant des fragments de la masse; pour tous les trois.

Très-beau marbre de décors et monumental, grand et petit antique.

4° Noir coupé par des veines blanches bien déterminées; beau poli.

Marbre de belle qualité propre aux monuments funéraires.

Rive droite du Lez, vis-à-vis le hameau de Lédar.

5° Marbre gris et blanc, jaspé ; calcaire compacte.

Marbre lumachelle, joli marbre très-exploité.

A Lédar.

6° Noir sans veines, mauvais poli, pâte mal liée et coupée par des fils.

Marbre commun, propre au dallage.

A Moulasse, près Lédar.

7° Fond blanc ternes, veines gris foncé, coupées par d'autres veines plus foncées.

Marbre de seconde qualité, propre aux revêtements, tablettes et dallage, etc.

A Moulis.

8° Noir sans veine, pâte sèche et courte, fils.

Marbre commun propre au dallage.

9° Marbre d'un beau noir éclatant.

Marbre funéraire, monumental très-beau.

Aux environs des bains d'Oudinac.

10° Marbre gris ou noir, entrelacé de blanc ; calcaire compact avec petits filons spathiques.

Beau marbre d'ameublement.

A Saint-Lizier, un peu au nord de l'hôpital des fous,

11° Marbre noir et blanc lumachelle, analogue à celui de Lambége ou Lédar.

A la montée de Bédeillac,

12° Marbre noir entrelacé de blanc ; calcaire compacte criblé de petits filons spathiques.

Beau marbre d'ameublement.

Près de la grotte de Bédeillac.

13° Lumachelle noire ; calcaire compacte noir pétri de diverses coquilles.

14° Marbre noir ou gris, moucheté de blanc ; calcaire compacte criblé de madrépores spathiques, pour tous les deux.

Beau marbre d'ameublement.

A la montée d'Ussat, sur le bord de la route et non loin de l'Ariége.

15° Marbre noir entrelacé de blanc ; calcaire compacte traversé par de petits filons spathiques.

Joli marbre d'ameublement.

A Bélesta.

16° Gris coupé par quelques veines blanches et quelques taches rouges (bréchiforme).

Marbre commun, propre aux revêtements, tablettes et dallages, etc.

17° Fond noir parsemé de points blancs, pâte bien liée, beau, joli

Marbre de belle qualité, propre à des monuments funéraires.

Près de la route qui conduit à la forêt, en plusieurs endroits.

18° Marbre noir ou gris entrelacé de blanc (fausse brèche), calcaire compacte traversé dans tous les sens par des petits filons spathiques.

19° Marbre noir ou gris moucheté de blanc ; calcaire compact renfermant une multitude de madrépores blancs et quelques plantes analogues aux mousses.

20° Marbre gris jaspé ; calcaire compact gris avec accidents agathiformes.

Pour tous les trois :

Marbre d'ameublement.

21° De belles granitelles noires et blanches.

Marbre d'ornements.

Près de la route qui conduit à la forêt, à la limite supérieure du calcaire à dicérates.

22° Brèche universelle, conglomérat formé de fragments calcaires et quartzeux rouges, jaunes, noirs, blancs, etc.

Beau marbre de décor et monumental, si on le trouve en grandes masses, très-difficile à polir.

Près le Mas-d'Azil, un peu au-dessus du hameau de Clermont, on trouve à la limite supérieure du calcaire à dicérates.

23° Une brèche très-variée et multicolore analogue à la précédente, mais de plus belle qualité.

Ce marbre, tout récemment découvert, donne de très-beaux ornements.

Pierres lithographiques.

Les assises supérieures du calcaire à dicérates contiennent deux bancs de calcaire gris clair, jaunâtre, avec arborescences jaunes, qui a été essayé plusieurs fois pour pierre lithographique; ces bancs s'étendent nettement du Pech de Vernajoul sur la rive gauche de l'Ariége au Pech de Martinos sur la rive droite. La pâte en est fine et d'excellente qualité, mais elle est coupée par des fils de chaux spathique qui s'y entre-croisent en tous sens et empêchent d'en lever des blocs d'une certaine dimension, ce qui lui enlève toute valeur commerciale.

Cette roche calcaire reçoit facilement le poli et peut donner des marbres à belles arborescences jaunâtres, mais très-fragiles.

13° Crétacé supérieur.

La formation du crétacé supérieur est essentiellement marneuse, argileuse, et ne donne pas de marbres.

14° Terrain nummulitique.

Les assises inférieures des marnes inframiliolitiques contiennent aux environs de Belesta des amas de gypse qui donnent quelques albâtres blancs ou colorés d'assez belle qualité, dont les deux principales variétés sont les suivantes :

1° Albâtre gypseux coupé de veines d'un blanc plus foncé.

Marbre de bonne qualité, propre à faire des pendules, vases, etc.

2° Bréchiforme, fond brun, taches d'un blanc teinté de rouge, distribution régulière des accidents, beau poli.

Marbre de belle qualité, propre à l'architecture et à la décoration monumentale.

La formation nummulitique comprend un étage calcaire, le calcaire à miliolites, qui donne d'excellents matériaux pour les constructions; à la base de cet étage est une assise de calcaire jaunâtre a belles arborescences jaunes à ton chaud, qui pourrait être utilisé soit pour pierres lithographiques, soit pour marbre d'ornement; une carrière de cette nature a été récemment ouverte au village de Loubières près Foix.

(La majeure partie de cette description des marbres de l'Ariége est empruntée à un excellent mémoire de M. Marrot, autrefois publié dans les *Annales des mines*.)

VII. — Matériaux de construction.

1° Granite.

Un assez grand nombre de villages et hameaux du département de l'Ariège sont bâtis près du bord des rivières et sur des formations modernes composées de galets plus ou moins gros de granite ou roches primitives. Le granite à l'état de gros galets ou cailloux arrondis chariés dans les ruisseaux, est fréquemment employé, mélangé avec de la terre ou du mortier, dans les constructions du pays.

Divisé à la poudre en masses anguleuses, il donne de bons matériaux pour les murs de soutenement.

Cassé au marteau en petits cailloux, il fait d'excellentes chaussées pour les routes.

A l'état de sable terreux, comme à la Barguillière et sur un autre grand nombre de points, il est heureusement employé pour les terrassements.

2° Gneiss et micaschiste.

Les gneiss et micaschistes, comme le granite, sont employés dans les constructions du pays au voisinage même des points où ils affleurent; ils se divisent plus facilement en dalles plus ou moins grossières, exigent moins de travail, mais ont moins de durée.

Ils renferment des couches de pegmatite qui se décomposent à l'air et donnent des kaolins, comme à Mercus, Montoulieu et la montagne de l'Esplagnaux au bas de la pique du col Dret, dans la montagne d'Ercé, canton d'Oust.

3° Silurien inférieur.

Les schistes de l'étage silurien inférieur, à l'état ordinaire, donnent des dalles plus ou moins grossières pour les habitations ordinaires de la montagne; ils présentent à peu près dans toutes les vallées où ils affleurent, des couches plus ou moins fissiles et ardoisières.

4° Calcaire silurien inférieur.

Les calcaires et calcschistes siluriens donnent d'assez bons matériaux de construction, levés en dalles grossières d'un travail facile et utilisés dans les habitations de la montagne.

Ils présentent parfois des marbres griottes rouges, verts et blancs, comme dans les montagnes de Montferrier au nord de Tabes et dans la vallée du Sallat, aux quartiers d'Escalatorte, le pont de la Taule, Couflens, Mimort et Estours.

Calciné, le calcaire donne des chaux un peu maigres, comme au pech de Châteauverdun et dans les hautes montagnes d'Orlu, etc.

5° Dévonien.

Le calcaire dévonien donne de bons matériaux de construction partout où il affleure; il n'est utilisé que pour les besoins des localités voisines et ne s'exporte pas. Calciné, il produit d'assez bonne chaux.

Il présente souvent de belles veines de marbre, soit griotte, soit simplement veiné, dont les couleurs dominantes sont le vert et le blanc.

Certaines carrières sont à peu près continuellement exploitées et donnent des produits à l'exportation : ce sont celles d'Espiougué, près Tournay, canton de Castelnau, d'Eycheil, sur les deux bords du Sallat et de la vallée de Rivernert, depuis son entrée jusqu'à son origine aux Cabessés.

6° Grès bigarré.

Les grès bigarrés sont généralement terreux et peu consistants et donnent des matériaux de construction médiocres. Ils présentent cependant sur les bords du Sallat et dans la vallée de Castillon, des poudingues rouge vif, siliceux, très-durs, à noyaux de quartz pur, dont les débris épars le long du Sallat, jusqu'en aval de Saint-Girons, sont parfois utilisés comme pierres meulières.

Aux environs de Caslelnau, sur le bord de la grande route, le grès bigarré prend une structure dure et compacte, donne des pierres solides de grandes dimensions.

7° Marnes irisées.

L'étage des marnes irisées est toujours terreux; il présente quelques ocres médiocres, comme aux Gaillards, près la Bastide de Sérou, quelques terres à briques sur la route de Foix à Saint-Girons et sur les bords du Sallat, en amont de Saint-Girons; les terres des marnes irisées sont très-ébouleuses et occasionnent de grandes difficultés dans les travaux de routes.

8° Ophite.

Les roches ophitiques, à l'état cristallin, donnent des matériaux aigres, cassants, durs, impropres aux constructions; à l'état terreux, elles peuvent être utilisées pour les terrassements.

9° Lias inférieur.

Les couches du lias inférieur sont généralement terreuses sans cohésion; elles ne sont utilisées pour matériaux de construction que dans les lieux où les pierres de bonne qualité manquent totalement.

10° Lias supérieur.

Les assises du lias supérieur sont géralement cristallines, dolomitiques ou saccharoïdes; elles donnent des masses irrégulières de calcaire caverneux, à lits très-irréguliers, dont la taille est difficile; l'emploi du calcaire, comme pierre de construction, est par suite borné au point où il affleure. Il est d'une cuisson difficile et rarement utilisé pour chaux.

Il donne de bons matériaux pour le pavage des routes.

Le calcaire liasique très-cristallin a parfois le grain assez fin pour subir le poli et donner des marbres ordinairement bréchoïdes de belle qualité.

11° Marnes supraliasiques.

A l'état terreux, ces marnes donnent des terres à briques, comme près Seix.

A l'état schisteux, elles présentent de belles carrières d'ardoises, comme à Arrout et Saint-Lary.

12° Calcaire à dicérates (Dufrenoy).

Le calcaire à dicérates est dur, compacte et esquilleux; il est divisé naturellement en bancs assez minces qui se lèvent facilement; sa taille est un peu longue, mais est possible; il donne des matériaux de construction convenables et de bonne qualité, dont l'emploi s'étend à quelques distances aux alentours.

Calciné, il produit des chaux grasses de très-bonne qualité, dont on fabrique d'assez grandes quantités aux environs de Foix et dans les vallons de Saint-Paul, Baulon, etc., etc.

Il est fréquemment employé pour le pavage des routes.

Il prend souvent un grain serré, reçoit le poli et présente de très-beaux marbres noirs et blancs, d'aspect très-varié.

A la base de l'étage, le calcaire à dicérates possède quelques assises minces de calcaire jaunâtre, à pâte très-fine, lithographique.

13° Crétacé supérieur.

Les assises du crétacé supérieur sont tantôt gréseuses, tantôt marneuses argileuses.

A l'état de grès, elles présentent au quartier de las Carreres, entre Seix et Soueix, de belles carrières de matériaux de construction; la pierre est un grès calcaire de taille très-facile, levée en blocs de grandes dimensions, de couleur blanc jaunâtre.

Dans les cotaux de Alieu et Alou, canton de Massat, les grès donnent des pierres à aiguiser qui ont une grande réputation et dont la fabrication constitue, pour les habitants de cette localité, une véritable industrie. Dans les environs de Saurat et Celles, les mêmes grès donnent de belles dalles larges et épaisses qui s'exportent dans le voisinage.

Les marnes de cet étage donnent des terres à briques utilisées sur un très-grand nombre de points du département, entre autres dans les communes du Saint-Paul, Baulou, Clermont, Taurignan, Mercenac, Bourepeaux et Labastide-du-Sallat.

14° Grès infraéocène.

Cet étage est tantôt à l'état de quartzites très-durs, pouvant parfois être employés comme pavés aux environs de Cabanères; tantôt à l'état de grès très-tendres, sableux, comme à Labarre et Loubières, où il donne d'excellentes pierres réfractaires, utilisées dans toutes les usines du pays; ces dernières servent même parfois aux constructions; elles sont d'une taille très-facile, mais sont trop tendres et ne sont pas de longue durée.

A la base de l'étage, les grès ou quartzites contiennent des bancs argileux très-purs, utilisés pour terre à briques dans les communes de :

Celles, Labarre, Saint-Jean, Baulou, Gabre, Monfa-Cabanères, Contrazy, Mauvezin, Belloc, etc., etc.

15° Marnes inframiliolitiques.

Cet étage est purement marneux et donne des terres à briques à Saint-Jean, le Maz-d'Azil et Sainte-Croix.

16° Calcaire à miliolites.

Cet étage, à peu près complétement calcaire, donne d'excellentes pierres à chaux, des matériaux de constructions de grandes dimensions à pâte très-fine, non gélifs et de taille facile.

Il est exploité dans ce double but en grandes carrières à ciel ouvert dans les communes de Belesta, Saint-Jean et Loubières, la Serre, près Sainte-Croix et Cerisols.

A sa base, dans la commune de Loubières, est une assise à larges arborescences jaunes et blanches qui, après avoir subi le poli, donne un très-beau marbre.

17° Étage nummulitique.

Cet étage, essentiellement terreux, donne des terres à briques dans les communes de Léran, Ventenac, Crampagna et autres.

18° Alternances à bancs lacustres.

A la partie supérieure de cet étage et à la base de l'étage suivant, est une assise de 50 mètres de puissance de grès calcaire gris bleuâtre, qui représente dans l'Ariége la formation des grès de Carcassonne.

Ces grès, parfois coquillés, ont un grain très-variable, tantôt un peu grossier, tantôt très-fin; ils donnent de très-beaux matériaux de construction de belle couleur gris bleuâtre antique; leur taille est facile; on en enlève de très-grands blocs sans difficulté, leur durée est grande.

Des carrières de ces grès sont régulièrement exploitées dans les communes de Gudas, Villeneuve et Loubens.

Certains bancs terreux de cette formation donnent des terres à briques comme à Gudas et Betchat.

19° Poudingue de Palassou.

La formation du poudingue de Palassou est constituée par des cailloux calcaires arrondis, de petites dimensions, agglutinés très-légèrement par un ciment siliceux et argileux; elle donne par suite des matériaux sans cohésion. Les cailloux calcaires sont utilisés pour les constructions dans les coteaux du poudingue, comme les galets de granite à la montagne.

Les poudingues contiennent des lits terreux donnant des terres à briques, comme à Saint-Julien, Limbrassac, Gudas et autres.

20° Miocène.

L'étage miocène tertiaire comprend deux subdivisions, l'une inférieure, formée de calcaire marneux à nodules phosphatées, l'autre supérieure purement argileuse et terreuse.

L'étage inférieur renferme un très-grand nombre de marnières exploitées pour les besoins de l'agriculture dans la commune de Gaudiès, sur tout le littoral de la rive gauche de l'Ariége, depuis Varilhes jusqu'à Saverdun et aux environs de Sainte-Croix.

L'étage supérieur donne des terres à briques dans les communes de :

Lapenne, Mazères, Rieucros, Saverdun, Rieux-Pamiers, Escosse, Saint-Martin-d'Oydes, Saint-Michel-d'Oydes, Labatud, Artigat, etc., etc.

Tourbières.

Dans les hautes montagnes formées par les roches primitives, on trouve assez fréquemment aux environs des sources des amas tourbeux plus ou moins irréguliers.

Ces amas sont généralement peu considérables, peu profonds, et leur situation élevée loin des routes ou chemins rend leur exploitation à peu près impossible ; quelques-uns cependant se développent, atteignent quelques centaines de mètres d'étendue et une profondeur irrégulière de plus de 1 mètre.

Les principaux sont les suivants :

1° Canton de Vicdessos. — Bernadouze (Suc).

La tourbière domaniale de Suc est située au fond de la vallée de Suc, à environ 12 kilomètres de Vicdessos et 1 kilomètre avant d'atteindre le port qui conduit de la vallée de Vicdessos à celle de Massat ; on y arrive par un bon chemin muletier qui se termine à 500 ou à 600 mètres avant d'atteindre la tourbière.

La tourbière forme un plateau à peu près horizontal, borné du côté du sud par une montagne haute et à pente rapide ; du côté de l'ouest et de l'est, par des coteaux assez élevés à pente plus douce au nord ; il est presque complétement ouvert, terminé par un barrage de peu d'élévation, dont une échancrure étroite laisse passer

les eaux qui traversent la tourbière ou y prennent naissance ; elle paraît être le reste d'un ancien étang comblé ; au milieu de la tourbe, on trouve de nombreux restes de bois de sapin durci et bien conservé.

Le bord sud est formé par un calcaire saccharoïde blanc à l'aspect de marbre, appartenant à l'étage liasique ; presque tout le reste de son pourtour est dans le granite ; sont enclavés dans le calcaire du sud de l'étang deux pointements de lerzolite qui ne descendent point jusqu'à son bord.

La tourbière est traversée dans presque toute sa longueur par un ruisseau qui prend sa source dans les calcaires du bord sud à 5 mètres au-dessus du niveau le plus élevé de la tourbe, et après avoir serpenté en pente douce, en se rapprochant de sa rive est, va se précipiter en cascade par une échancrure du barrage granitique du nord dans la vallée principale de Suc.

La surface de la tourbière, à peu près rectangulaire du nord au sud, est de près de 4 hectares ; ses ressources exploitables, d'après des sondages faits avec soin, peuvent être estimés de 100.000 à 110.000 mètres cubes ; sa profondeur, très-faible sur les bords, atteint plusieurs mètres au centre ; elle peut être estimée en moyenne à 2^{m},80.

Port de Massat (Suc).

En montant de Bernadouze au port de Massat, on rencontre, à des intervalles de 300 à 400 mètres, quelques amas tourbeux de 50 à 100 mètres quarrés, pouvant avoir de 0^{m},50 à 1 mètre de profondeur. Ces tourbières, placées sur le flanc incliné de la montée du port, sont d'un asséchement très-facile et d'une exploitation commode et peu coûteuse.

Rive-Belle (Suc).

A 1.200 mètres environ au nord de Suc, au quartier de Rive-Belle, sont plusieurs amas tourbeux de peu d'importance, disséminés sur un espace de 200 à 300 mètres quarrés.

Les Trois-Seigneurs.

Vers le sommet de la montagne des Trois-Seigneurs sur les versants de Suc et de Rabat sont une série de petits amas tourbeux, pouvant avoir de 50 à 100 mètres quarrés de surface et peu de profondeur ; leur situation élevée n'en permet pas l'exploitation.

Lagréou (Sentenac).

Au nord de Sentenac, sur la rive gauche du ruisseau de ce nom, on trouve, au quartier de Lagréou, un gisement tourbeux assez considérable, reposant comme toujours sur un sol granitique. Cette tourbière est formée de deux amas : l'un, supérieur, dirigé N.-S., pouvant avoir une longueur de 150 à 200 mètres, une largeur très-irrégulière de 10 à 40 mètres et une profondeur de 1 mètre à 1m,50; l'autre bassin inférieur est dirigé de l'est à l'ouest, a 150 mètres de long sur 60 mètres de large et 1m,50 à 2 mètres d'épaisseur.

Ces deux amas tourbeux sont d'un asséchement facile; leur niveau au-dessus de la vallée de Vicdessos est assez élevé et peut atteindre 600 mètres.

Orus.

A 1 kilomètre au sud d'Orus, dans le même vallon, on peut constater quelques gisements tourbeux, très-irréguliers, peu profonds, atteignant au plus quelques ares.

Illier.

Sur la rive gauche du ruisseau qui descend entre Orus et Illier au quartier de Turtou, sont quelques flaques tourbeuses pouvant avoir chacune de 300 à 500 mètres quarrés.

Cabanatous. — Plus loin, à l'est, à la source de la rivière d'Illier, et au quartier de Cabanatous, est une tourbière importante dirigée de l'est à l'ouest, qui peut atteindre 250 mètres; sa largeur est de 100 à 150 mètres et sa profondeur moyenne de 2 mètres. La pente de la tourbière assez forte en permet l'asséchement facile; sa hauteur au-dessus de la vallée de Vicdessos peut être de 400 mètres.

Sauvegarde. — A 500 mètres plus loin à l'est, toujours dans la commune d'Illier, est au quartier de Sauvegarde et au même niveau une tourbière assez étendue, mais moins riche que la précédente; elle peut avoir, suivant sa ligne de plus grande pente, 250 mètres de long sur 60 à 80 mètres de large et 1 mètre de profondeur moyenne; l'exploitation en est facile, comme à Cabanatous.

Lapége.

A quelques centaines de mètres à l'est de Sauvegarde, dans la

commune de Lapége, est au quartier *de Planas Mouillieras* une tourbière assez grande pouvant avoir 100 mètres de l'est à l'ouest, autant du sud au nord; son épaisseur varie entre 1 mètre et 1m,80 et peut être estimée en moyenne à 1m,30; cette tourbière est également en pente et d'une exploitation facile.

Bassiès.

Sur la montagne de Bassiés, au bord des étangs de ce nom, sont quelques gisements tourbeux, assez étendus, mais très-irréguliers; leur situation, très-élevée, n'en permet pas l'exploitation.

2° Canton de Tarascon (Saurat).

Dans la commune de Saurat et le ravin montagneux de Fonfrène sont plusieurs amas tourbeux irréguliers peu profonds et sans importance.

3° Canton de Quérigut.

Dans le canton de Quérigut et la commune de ce nom sont au quartier de Rebus de la Mouline, longeant le ruisseau du Bois-Noir, quelques amas tourbeux, peu importants, sur lesquels ont été faits autrefois quelques tentatives d'exploitation.

4° Divers.

Dans presque toutes les montagnes granitiques du département, on trouve à chaque pas des sources fraîches accompagnées de petits amas tourbeux, rarement considérables; ces gisements atteignent rarement un are de superficie; presque toujours ils sont placés à des niveaux très-élevés qui en empêcheraient l'exploitation, si la tourbe existait en quantités un peu considérables.

Ruisseaux aurifères.

L'Ariége est connu pour être aurifère de Crampagna jusque vers Pamiers, c'est-à-dire dans sa traversée du poudingue de Palassou et un peu en aval.

Le Sallat est également aurifère dans la Haute-Garonne, vers

Roquefort, où affleurent les mêmes poudingues, au nord du massif d'Ausseing.

Dans les environs de Crampagna et Varilhes, tous les ruisseaux qui, après un long parcours dans les poudingues calcaires, viennent déverser les eaux, soit à l'est, soit à l'ouest, dans l'Ariége, sont réputés, de temps immémorial, pour rouler des paillettes d'or en plus ou moins d'abondance.

Les principaux sont sur la rive droite celui de :

Dalou.

Sur la rive gauche, de :

Bénagues.	Barou.
Ferriés.	Peyreblanque.
Rieux.	La Carmille.
La Goute.	

C'est vers leurs confluents avec l'Ariége qu'autrefois, après des orages, les orpailleurs faisaient la plus ample récolte.

De même, la rivière de l'Arize charrie des paillettes d'or vers Pailhés au sortir de la formation des poudingues ; ces diverses circonstances établissent une certain corrélation entre la formation du poudingue de Palassou et la présence des ruisseaux aurifères.

La cueillette des paillettes d'or était généralement faite, soit dans l'Ariége, soit dans les ruisseaux voisins, après des orages qui avaient produit un premier lavage naturel du sol du poudingue avoisinant, et dans ce cas, les orpailleurs, après un second lavage artificiel plus ou moins prolongé, trouvaient au fond de leurs sébiles l'or presque toujours attaché à de petits grains noirs de fer magnétique.

D'autre part, il n'est pas rare de reconnaître sur divers points du poudingue que la tradition indique comme ayant été l'objet de recherches d'or, des mélanges de cailloux roulés formés de calcaire ordinaire liasique ou crétacé, fer magnétique en abondance et roches ophitiques.

Si l'on rapproche ce fait de cette circonstance qu'il existe entre Foix et Saint-Girons une ligne continue d'ophites, en avant des crêtes calcaires liasiques et crétacées, dont les éléments ont puissamment contribué à la formation du poudingue de Palassou, et que ces ophites contiennent dans leur intérieur une bande presque continue de minerais de fer magnétique, on est amené naturellement à attribuer l'origine de paillettes d'or de l'Ariége à ces minerais et aux ophites qui les enclavent. Trop disséminées

dans ces roches pour avoir jamais été l'objet d'aucune recherche directe, elles ont subi une première concentration par un premier lavage naturel dans les eaux torrentielles qui ont dû former l'étage diluvien du Palassou.

Dans ce dernier, les orages, en y produisant un second lavage naturel, ont amené une seconde concentration des paillettes, achevée par le travail de l'orpailleur.

On pourrait objecter qu'il existe dans l'Ariége quelques gisements aurifères en dehors de la formation du poudingue calcaire comme à la Bastide de Sérou aux ruisseaux de la Beuze et Carol, dans le Sallat, entre Seix et Soueix et plus bas vers Lacour; mais dans tous ces cas, ces gisements, plus pauvres, sont en relation directe avec les roches mères ophitiques, et leur existence vient à l'appui de la même théorie.

Eaux minérales.

Granite.

La formation granitique du massif voisin de la frontière d'Espagne présente à son extrémité orientale un assez grand nombre de sources minérales chaudes sulfureuses, à base de sulfure de sodium; à leur émergence, ces sources paraissent en relation avec les pegmatites ou des granites porphyroïdes qui séparent le granite pur des formations plus modernes de transition.

Les principales sources minérales situées dans ces conditions sont:

1° Eaux sulfureuses de Carcanières	13	sources.
2° — de Saliens, près l'Hospitalet	1	—
3° — d'Ax	53	—
4° Eaux minérales d'Aston	2	—

Une sulfureuse et l'autre ferrugineuse.

Le massif granitique sableux de la Barguillière présente aux environs de Foix près les forges de la Baronnie ou planissoles,

Une source ferrugineuse,

produit de la décomposition des pyrites encaissés dans les arênes granitiques.

Eaux minérales de Carcanières.—Carcanières est situé au centre d'un grand plateau appelé le Quérigut, dont le sol est granitique; ce plateau est profondément découpé par plusieurs ravins, dont le principal est celui de l'Aude; sur les bords de l'Aude, à quelques mètres au-dessus de la rivière, émergent directement du granite, les sources dites de Carcanières qui sont distantes de plus de 2 kilomètres du village qui porte ce nom.

Ces sources, au nombre de treize, sont chaudes, sulfureuses, à base de sulfure de sodium; leur action est très-énergique; elles sont divisées entre deux établissements situés à 500 mètres l'un de l'autre; elles émergent en deux points principaux, et à chacun d'eux un établissement a été fondé.

L'établissement d'amont dit établissement Esparre, nouvellement construit, contient douze cabinets et il est alimenté par trois sources, dont deux servent aux bains et l'autre à une buvette.

L'établissement d'aval comprend deux bâtiments, un ancien et un nouveau; l'ancien a dix cabinets et quatorze baignoires; le nouveau comprend sept cabinets, dont un pour les douches.

Le captage des sources est naturel; elles se sont creusé un lit dans le granite d'où elles sourdent; il suffit de les recevoir dans des conduits à leur point d'émergence. Le captage ne laisse rien à désirer, la plus grande partie des sources ne sont pas utilisées; quelques-unes, comme la Régine, sont excessivement abondantes et forment un véritable ruisseau qui descend rapidement à l'Aude; les températures de ces diverses sources sont très-variées, et doivent présenter de grandes ressources, comme à Ax, pour le traitement thérapeutique. D'après M. Alibert, qui a étudié ces eaux, la température des sources et leurs teneurs en sulfure de sodium sont données par les nombres suivants :

	Sources.	Température.	Sulfure de sodium par litre.
Établissement d'amont.	Source Marie	36,75	0,0124
	Source Siméon	39,30	0,0124
	Buvette	31,50	0,0149
Établissement d'aval.	La Régine	59,00	0,0228
	Source Lys	55,50	0,0273
	Campoussy	54,00	0,0199
	Bain Fort	49,00	0,0199
	Roquelaure	36,00	0,0137
	Buvette Roquelaure (midi)	33,00	0,0149
	— (nord)	25,00	0,0099
	Source Barraquette	31,00	alcaline
	Source Basse du Torrent	non analysé	

La Régine, le Bain Fort, la Barraquette, la Source Basse ne sont pas utilisées.

Les eaux de Carcanières, quoiques très-actives, sont peu fréquentées, aucun bon chemin de voiture n'y conduit; elles sont presque inaccessibles par l'Ariége, et elles le sont très-peu par l'Aude; la difficulté des communications ôte à ces sources toute leur importance.

Tout près, à Escouloubre, sur l'autre rive de l'Aude, est un établissement analogue appartenant au département de l'Aude.

Eaux minérales de Saliens (*Hospitalet*).—Entre Mérens et l'Hospitalet, est au premier lacet de la grande route, une source sulfureuse froide, dont la température est de 13° 6/10 centigrades.

Elle contient par litre :

Sulfure de sodium. 0g,002

Elle émerge directement d'un banc de pegmatique enclavé dans le granite porphyroïde des montagnes de l'Hospitalet.

Eaux minérales d'Ax.—Les sources d'Ax, au nombre de plus de cinquante-trois, sont chaudes, sulfureuses, à base de sulfure de sodium; elles contiennent en outre du chlorure de sodium, des sels alcalins, tels que silicates et carbonates de soude, et une matière végéto-minérale qui se dépose sous forme filamenteuse à presque tous les griffons; sous le rapport de la température et de la sulfuration, ces eaux présentent par leur grande variété une foule de ressources à la thérapeutique.

Un grand nombre de sources ne sont pas utilisées, où ne servent qu'à des usages publics; quatre établissements principaux sont affectés aux bains et douches; ils sont :

Le Couloubret, le Breilh, le Teich et l'établissement de Capdeville, *dit modèle.*

Le bassin d'Ax, étroit et entouré de hautes montagnes, de roches primitives et formé d'alluvions épaisses, est traversé par trois rivières, celles de Ascou, Orlu, Mérens; ces divers cours d'eau se réunissent un peu en aval d'Ax ; au milieu de la ville sourdent les eaux minérales.

La vallée est creusée dans une roche, dite pegmatite, variété de granite à large structure, pauvre en mica, contenant à Ax comme à Luchon une variété spéciale de mica, dit mica palmé. Au méridien central du vallon, cette pegmatite présente une assez large zone allongée sensiblement du sud au nord, criblée de fentes étroites et disposées dans le même sens, du milieu desquelles émergent les eaux minérales par groupes disposés ainsi qu'il suit :

A la limite sud de cette zone sont les sources du Teich; en descendant vers le nord, on trouve vers son bord est les sources des bains Sicre, vers son bord ouest celles de la rue du Courtou, en son centre et un peu à la lisière ouest, on rencontre successivement les eaux de la place du Breilh, celles de l'établissement modèle et en dernier lieu les sources de Couloubret.

Tout le sous-sol du vallon est formé par un terrain particulier, connu dans le pays sous le nom de Tap; c'est un poudingue constitué par des cailloux arrondis de granite et quartz de toutes dimensions, agglutinés par un ciment argileux bleuâtre qui donne à la roche sa couleur et est parsemé de paillettes de micà; ce terrain, généralement durci par les dépôts siliceux des eaux thermales qui l'imprègnent, passe insensiblement au diluvium meuble ordinaire qui constitue la surface du sol dans toute cette région.

Le Tap affleure au jour vers le sud de la zone minérale, c'est-à-dire au sud-est de l'établissement du Teich; du côté du nord vers les bains Sicre et le Couloubret, il est recouvert par une couche de diluvium et terre végétale dont l'épaisseur est variable et atteint souvent 4 à 5 mètres.

Le Tap est fortement durci par le passage des eaux minérales, qui y déposent des sédiments siliceux; en général il est compacte, imperméable; le diluvium supérieur est ébouleux, se laisse facilement traverser par les eaux pluviales qui coulent à son contact avec le Tap.

Les eaux minérales sourdent directement de la pegmatite, pénètrent dans le Tap par des canaux plus ou moins verticaux, de là émergent au jour, quand ce terrain minéral affleure lui-même; autrement elles pénétrent dans le diluvium en se ramifiant en tout sens, et n'arrivent au jour qu'après avoir exécuté dans ce diluvium des parcours horizontaux plus ou moins considérables.

Tant que la source minérale reste dans le Tap, elle s'y creuse un canal naturel à l'abri des infiltrations extérieures, et conserve une température et un débit constant; elle est captée; du moment où elle pénètre dans le diluvium, elle se divise dans ce terrain meuble, elle n'est plus à l'abri des eaux pluviales, son débit et sa température sont variables; le moindre travail exécuté dans le voisinage peut la faire disparaître ou la modifier; pour la capter, il faut la poursuivre jusqu'à son émergence du Tap et l'y enfermer.

Tout le long de la large zone des fentes qui traverse le vallon d'Ax du sud au nord, les sources sourdent à peu près verticalement par groupes minéraux indépendants les uns les autres; dans chaque groupe elles s'influencent mutuellement.

A l'extrémité sud de la zone minérale est le groupe remarquable des sources du Teich; elles sourdent du Tap qui en ce point affleure au jour; le captage en est fort simple et parfait; on s'est contenté d'enfermer chaque source à sa sortie du Tap dans de petits bassins cimentés; les sources de ce groupe, parmi lesquelles on compte celles de la Pyramide et des bains Viguerie, ont entre elles des communications souterraines peu profondes; elles s'influencent mutuellement, mais l'ensemble du groupe est complétement distinct des eaux de la région nord dont il est séparé par un pointement de pegmatite visible dans la rue du Courtau.

En traversant la rivière d'Orlu qui passe devant le Teich et immédiatement sur l'autre rive, on trouve les sources dites du puits Orlu, indépendantes du groupe précédent qui sourdent obliquement en venant du sud-est; en ce point le diluvium a $1^m,50$; pour le captage on a enlevé la couche du diluvium, découvert le Tap et reçu les eaux dans un bassin cimenté.

En marchant plus au nord, on trouve dans les jardins du Couston de nombreuses sources tièdes qui ont probablement la même origine que les sources d'Orlu; elles ont perdu une grande partie de leur température par une excursion plus ou moins longue dans le diluvium, qui en ce point est très-puissant.

Plus au nord, on arrive aux bassins Sicre; cet établissement présente quelques sources qui ne sont point captées, émergent du diluvium et subissent des variations assez grandes suivant les saisons; d'autres sources, au contraire, ont été captées à une grande profondeur depuis de nombreuses années; on a traversé une couche de diluvium de plus de 3 à 4 mètres d'épaisseur; quelques-unes, telles que la Pyramide et des étuves, ont une assez forte température; elles doivent sourdre du Tap.

Si, d'autre part, on va du Teich à la place du Breilh en suivant le bord ouest de la zone minérale, on suit la rue du Couston où on trouve des traces d'eau minérale presque partout provenant de quelques naissants isolés; en remontant cette zone on borde la lisière sud du massif de pegmatite isolé sur lequel est bâti le presbytère et la vieille ville et sépare nettement les régions du Teich et du Breilh; on trouve dans ce parcours des émergences verticales plus ou moins importantes, mais assez peu considérables pour qu'on n'ait jamais songé à les utiliser.

Sur la place du Breilh, au bord ouest de la zone et adossé contre le massif de pegmatite du presbytère est le groupe important des canons et Roussignols, qui ont certainement entre eux des liaisons souterraines; ces sources forment un groupe à part, le plus chaud

d'Ax, et doivent émerger à une très-faible profondeur du la pegmatite ; à la surface est le diluvium ; on n'a point constaté sa profondeur, mais elle doit être très-faible.

En face de ce groupe, et sur le bord est de la zone, est le group également important des étuves et des sources de l'hospice, qui est probablement indépendant du précédent ; il paraît écouler en sens inverse du sud vers le nord ; le précédent se dirige du nord au sud, mais il doit avoir quelques relations avec les sources des bains Sicre qui sont immédiatement voisines ; dans cette région le diluvium est fort épais ; les sources des étuves sont captées très-anciennement, on ignore la profondeur des travaux.

A très-peu de distance en aval de la place du Breilh et sur la rive gauche de la rivière d'Ascou sont les sources de l'établissement Capdeville qui paraissent faire partie du groupe de la place et ont sans doute avec ce dernier quelques liaisons souterraines à travers le terrain de Tap.

Enfin on arrive, après avoir traversé la rivière d'Ascou, au Couloubret ; les sources de cette région sont d'une température douce, elles paraissent former un groupe à part dont l'origine est un peu plus au sud-ouest, mais indépendant des autres groupes ; en ce point le diluvium est très-puissant, les eaux perdent une grande partie de leur température par les sinuosités plus ou moins considérables qu'elles font dans le terrain ébouleux du diluvium après leur émergence hors du poudingue bleu.

En résumé, les sources d'Ax émergent de fentes disposées en large zone allant du sud au nord du Teich au Couloubret ; elles sont généralement disposées par groupes indépendants ; mais dans un même groupe les sources ont une influence marquée les unes sur les autres ; pour assurer à chaque source un débit constant et une température invariable, il faut les capter dans le terrain bleu. La définition de chaque groupe ne peut actuellement être fixée que d'une façon vague et incertaine ; des travaux de captage complets pourraient seuls en donner la détermination exacte.

Le tableau suivant indique la nature, la température et le débit des principales sources d'Ax (ce tableau est extrait des ouvrages de MM. Filhol et Garrigou).

NOMS DES SOURCES.	Température.	SULFURATION par litre.	ALCALINITÉ par litre.	DÉBIT par minute.	DÉBIT par 24 heures.
1° Couloubret.					
	degrés	grammes.	grammes.	litres.	hectol.
Pilhes. . . . . . / Gaston-Phœbus. } réunies.	40,8	0,0074	0,0698	17,391	250,43
Canalette.	»	0,0024	0,0385	13,636	196,36
Basse . . . . . . } réunies.	23,5	0,0000	0,0117	68,159	909,49
Rougeron. . . . }				100,000	1.440,00
Pompe.	41,2	0,0037	»	»	»
Etuve.	68.7	0,0207	0,0928	»	»
Rossignol supérieur.	77,1	0,0218	»	40.678	585.76
Montmorency.	26,2	0,0000	0,0118	15,000	216,00
Majeure.	26,2	0,0173	»	0,685	9,86
Bain fort (ancien).	44,9	0,0148	0,0873	21,428	308,56
Bain fort (nouveau).	43,8	0,0173	»	8,759	126,13
Buvette-Rivière.	»	»	»	»	»
Mystère.	46,2	0,0185	0,1195	»	»
Laffont Gouzy.	47,2	0,0124	0,0111	»	»
Jeanne-d'Albret.	38,0	0,0170	»	15,000	216,00
2° Breilh.					
La buvette du Boreilh.	»	»	»	17,143	246,86
La Petite sulfureuse.	45,0	0,0173	0,0988	0,333	4,80
La source n° 1.	45,0	0,0010	»	6,000	86,40
— n° 4.	40,8	0,0025	»	4,666	67,19
— n° 5.	38,0	0,0015	0,0680	3,200	46,08
— n° 7 Longchamps. . .	»	»	»	11,538	166,08
— n° 9.	29,0	0,0013	0,0910	4,800	69,12
— n° 11 Anglada.	43,0	0,0010	0,0800	6,750	97,20
Fontan.	51,3	0,0148	0,0677	6,000	86,40
Etuve du Breilh.	62,2	0,0093	0,0913	37,500	540,00
Pyramide du Breilh.	»	0,0031	»	2,927	42,15
Source Marie.	56,1	0,0188	0,0841	0,857	13,20
3° Teich.					
La Pompe.	28,2	0,0025	0,0034	2,286	32,92
La source n° 4.	60,2	0,0173	0,0795	6,521	93.90
— n° 5 ou Palissier. . . .	»	0,0012	0,0911	0,353	5,08
— n° 6.	38,8	»	»	3,750	54,00
La Bleue.	48,8	0,0037	0,0659	3,125	45,00
La Pyramide.	68,0	0,0148	0,0646	48,000	691,20
Les sources mélangées de la grotte	»	»	»	12,000	172,80
La source Astrié chaude.	49,6	0,0018	0,0619	3,973	57,21
— froide.	35,5	0,0000	0,0472	3,750	54,00
La fontaine de Saint-Roch. . . .	46,8	0,0148	0,0110	»	»
— Quod.	65,6	0,0230	»	15,000	216,00
La buvette Isabelle.	37,0	0,0062	0,0531	1,739	25,04
Source Joly.	67,0	0,0240	»	3,726	53,65
— Orlu.	69,0	»	»	»	»
Établissement modèle.					
Grande sulfureuse.	57,0	0,0182	0,0630	200,000	2.880,00
Source du Foulon.	47,0	»	»	41,000	590,43
Eau alcaline.	41,0	0,0129	0,0504	45,000	648,00
Sources publiques.					
Fontaine des Canons.	75,2	0,0210	0,0925	41,060	591,26
Rossignol inférieur.	76,7	0,0245	0,0925	24,000	345,60
— supérieur.	77,1	0,0218	»	40,700	586,80
Roger-Bernard (bassin).	64,0	»	»	5,130	73,86
Source aux yeux (bassin).	»	0,0024	0,0710	»	»

Une partie du Couloubret destinée au service de la source Montmorency a été reconstruite sur le même emplacement; le reste du Couloubret est en voie de reconstruction. Il sera complétement réédifié pour la saison de 1869 et contiendra 36 baignoires, se subdivisant en six sections qui, par degré de sulfuration, sont Montmorency, Gourguette, Pilhes, Jeanne d'Albret, Bain-Fort ancien Bain Filhol; ces six sections forment une véritable gamme sulfureuse commençant à zéro et s'élevant progressivement jusqu'à 0g,0180 de sulfure de sodium par litre.

Dans la section du Bain-Fort, dont la température est de 44 degrés centigrades, on a établi un système de serpentinage qui permet d'abaisser le degré thermométrique du bain sans en diminuer la richesse sulfureuse.

La plupart des autres sources ont une température trop voisine de la température naturelle du bain pour qu'il soit utile de les refroidir au moyen d'un serpentin ; il suffit de quelques litres d'eau de la source dégénérée de la Basse pour ramener la température du bain à 55° centigrades. L'eau de la Gourguette arrive dans la baignoire avec une température comprise entre 34 et 35 degrés centigrades; enfin l'eau de Montmorency qui ne mesure que 26 degrés au griffon est chauffée au moyen d'un serpentin spécial plongeant dans un réservoir d'eau chaude et acquiert ainsi la température nécessaire pour être administrée en bain,

Quatre salles de douches ordinaires ou Tivoli, compléteront les moyens balnéaires de cet établissement. Le Couloubret possède trois buvettes sulfureuses et une buvette alcaline. Les sources de ce groupe débitent ensemble 416.476 litres par jour.

Le nouvel établissement thermal dit Modèle, situé sur la rive gauche du torrent d'Ascou, en aval du pont du Breilh, fait face à la promenade du Couloubret. Il comprend deux étages de bains.

On y compte quarante-cinq cabinets de bains dont douze sont munis de douches Tivoli. Tous ces cabinets sont desservis comme eau froide, par de l'eau minérale serpentinée; mais neuf d'entre eux, situés à la galerie inférieure (galerie François), reçoivent directement de la source, non-seulement l'eau chaude, mais encore l'eau sulfureuse refroidie au moyen d'un serpentin particulier. Le grand serpentin affecté au service des autres baignoires présente une longueur de 35 mètres, et la réfrigération s'y opère au moyen d'un courant continu d'eau froide.

On trouve dans le nouvel établissement quatre buvettes d'eau sulfureuse chaude ou refroidie, et une buvette d'eau sulfureuse dégénérée.

Une étuve en caisse avec lit de repos, une étuve à gradins avec douche froide et bassin d'immersion, sont construites dans une des galeries inférieures appelée galerie Filhol.

Dans la galerie François, entre les neuf cabinets de bains, on remarque quatre grandes douches à rotule avec douches latérales écossaises ou jumelles, installées dans des conditions exceptionnelles d'élégance et d'arrangement; elles ont toutes une chute directe de 10 mètres. Toutes ces salles à douches communiquent chacune avec deux cabinets de bains, pour rendre plus facile l'emploi successif du bain et de la douche ascendante, une magnifique douche en cercle et une douche de siége construites d'après les données les plus récentes.

Une piscine d'environ 4 mètres en carré est alimentée par un courant continu d'eau sulfureuse chaude et d'eau serpentinée mélangées dans des proportions déterminées pour obtenir une température constante de 37 degrés centigrades.

Enfin, trois cabinets de douches pharyngiennes et une série de douches locales ou mobiles s'adaptant au robinet de toutes les baignoires, complètent les moyens hydrothérapiques dont dispose l'établissement thermal modèle. On fait espérer, en outre, la création prochaine d'une salle d'inhalation de vapeurs sulfureuses.

Cet établissement, autorisé par décision ministérielle du 21 avril 1868, dispose par jour de 410.400 litres d'eau minérale dont la température minimum est de 40 degrés centigrades.

Le Breilh, situé à l'est de la ville sur les bords de la route impériale, est une dépendance de l'hôtel Sicre. C'est une élégante construction contenant vingt-deux baignoires en marbre ou en granite dans dix-huit cabinets, très-confortablement installés. On y remarque deux sections de bains, les bains Rigal et les bains Fontan. Parmi les premiers, cinq ou six cabinets sont très-remarquables et se recommandent par l'alcalinité et l'onctuosité de leur eau.

L'eau de la source Fontan qui alimente la section sulfureuse blanchit à volonté par son mélange avec l'eau ordinaire, et trouve souvent à être ainsi utilisée dans un certain nombre de maladies.

Cet établissement possède la buvette la *Petite sulfureuse*, source très-remarquable.

Deux douches moyennes avec embouts variés, deux petites douches locales fixes et une étuve en caisse, installée dans un local provisoire, constituent tous les appareils balnéothérapiques du Breilh; mais on y projette l'installation de nouvelles douches à forte projection, d'une salle d'étuves à gradins et d'une salle d'in-

halation qui compléteront cet établissement, et lui aideront à soutenir sa réputation si justement acquise.

Le Breilh est alimenté par douze sources, fournissant ensemble depuis les derniers travaux de captage, plus de 200.000 litres par vingt-quatre heures.

Le Teich est construit sur la rive gauche du torrent d'Oriu, au sud-est de la ville. Cet établissement important ne contient pas moins de cinquante-deux baignoires, toutes en marbre noir ou en granite, et qui se subdivisent en trois sections : 1° les bains Boulié (*bains hyposulfités*), alimentés par les sources dégénérées de la pompe, de l'eau-bleue, du n° 4 et du n° 6; 2° les bains Astrié, faiblement sulfureux, mais dont la température est assez élevée; 3° les bains Viguerie, qui reçoivent l'eau d'une seule source, la plus sulfureuse de la station. Cette source dont le débit prodigieux atteint 105 litres par minute, suffit, sans aucun réservoir, à alimenter les vingt baignoires de la section. A cause de sa température élevée (73 degrés centigrades), on en opère le serpentinage au moyen d'un appareil disposé de façon à empêcher absolument l'introduction de l'air extérieur dans les tuyaux; aussi, l'eau serpentinée arrive-t-elle dans la baignoire avec une déperdition très-minime de sulfure de sodium et à une température qui varie de 25 à 30 degrés centigrades. Chaque baignoire est munie de deux robinets fournissant, l'un de l'eau refroidie dans le serpentin et l'autre de l'eau chaude conduite directement de la source dans la baignoire. Cette section possède de petites douches locales organisées d'une manière spéciale; deux réservoirs constamment alimentés par de l'eau minérale à température fixe (25 degrés centigrades pour l'un, 40 degrés centigrades pour l'autre), ont été disposés à l'extrémité de la galerie de bains; à chacun de ces réservoirs a été adapté un tuyau se distribuant dans tous les cabinets de bains de la section Viguerie, et se terminant par un véritable siphon. Quand aucune douche ne fonctionne, l'eau s'écoule constamment par l'extrémité inférieure du siphon, ce qui permet d'entretenir dans les tuyaux une température sensiblement égale à celle des réservoirs. De plus ces douches locales peuvent, par la combinaison de l'écoulement des deux robinets, être administrées à tous les degrés compris entre 25 et 40 degrés centigrades.

L'établissement du Teich possède deux salles de douches très-vastes et bien aérées contenant chacune une douche à panier écossais, une douche à rotule et une douche écossaise ou jumelle. Leur force de projection est de 13 mètres.

Signalons encore deux étuves en caisse, un cabinet de humage,

six douches moyennes ou tivoli, quatre douches pharyngiennes, deux douches ascendantes parfaitement installées.

Enfin, une salle d'inhalation de vapeurs sulfureuses a été construite sur des données spéciales qui permettent d'obtenir un dégagement considérable de vapeurs sulfureuses, sans que la température de l'appartement en soit notablement accrue. Qu'on se figure un grand salon de 5 mètres de largeur sur 7 de longueur, au milieu duquel sont installés deux magnifiques jets d'eau à vasques en cuivre étamé. L'un des deux est alimenté par de l'eau chaude minérale qui, tombant pour ainsi dire goutte à goutte par une série de trous capillaires d'une vasque dans l'autre, abandonne peu à peu son principe sulfureux à l'air atmosphérique. L'autre jet d'eau fournit simplement de l'eau froide, dont l'effet est de rafraîchir l'air ambiant et de déterminer en même temps la condensation d'une partie de la vapeur d'eau minérale dégagée par le jet d'eau sulfureuse.

On compte au Teich deux buvettes sulfureuses et deux buvettes d'eau dégénérée.

Les dix-sept sources qui alimentent cet établissement fournissent un total de 476,510 litres par vingt-quatre heures.

Le détail de la situation balnéaire des établissements d'Ax m'a été donné par M. Auphan, médecin inspecteur de la station, et extrait d'une de ses notices sur les eaux d'Ax.

Eaux minérales d'Aston. — Si l'on remonte la rivière d'Aston, à peu près une demi-heure en amont du village de ce nom, on trouve sur la rive gauche et à une très-faible distance au-dessus de son niveau, deux sources minérales abondantes et connues seulement des habitants de la localité; l'une sourde à 10 mètres au-dessus de la rivière, est très-sulfureuse, dépose en quantité une matière blanche analogue à la barégine, qui fait donner à cette source le nom de Font-du-Fromage; sa température n'est pas très-élevée; l'autre, située un peu plus au sud, dépose une matière rougeâtre ferrugineuse, paraît peu sulfureuse et presque froide.

Ces deux sources, suivant le dire des habitants du pays, ont des propriétés médicales précieuses et mériteraient quelque attention. Elles émergent directement d'un granite porphyroïde au voisinage des schistes anciens siluriens.

2° Silurien (schistes).

L'étage des schistes du terrain silurien est très-riche en gisements pyriteux, qui parfois imprègnent toute la masse et pour-

raient donner à la formation le nom de schiste pyriteux. La décomposition de ces pyrites à l'air a donné de tout temps de nombreuses sources minérales, soit profondes, et alors chaudes et sulfureuses, soit superficielles et presque froides avec dépôts ocreux pouvant être considérés souvent comme de véritables minerais de fer.

Quand les schistes ont dans leur voisinage des roches granitiques riches en alcalis, les eaux minérales se chargent de sodium et sont des eaux sulfureuses à haute température et base de sulfure de sodium, surtout si l'état du sol se prête à une descente des eaux superficielles à une grande profondeur.

Si les schistes reposent sur des calcaires plus ou moins magnésiens ou enclavent des roches de cette nature, les eaux minérales sont principalement séléniteuses et légèrement sulfureuses et ferrugineuses ; leur température est plus douce, les eaux descendant à de moins grandes profondeurs.

Si le bassin schisteux où se forme l'eau minérale ne renferme pas de roches calcaires, l'eau minérale est simplement ferrugineuse, chargée de métaux qui accompagnent les pyrites, tels que le cuivre ou l'arsenic, et de matières organiques provenant du charbon disséminé en veinules très-minces dans les délits des schistes pyriteux.

Ces trois variétés des sources minérales des schistes pyriteux se présentent aux points suivants :

1° *Eaux minérales sulfureuses.*

Mérens. . . . . 3 sources.

2° *Eaux minérales séléniteuses.*

Aulus. . . . . 2 sources.

3° *Eaux minérales ferrugineuses.*

1° Verdun, près les Cabannes.
2° Suc, près Vicdessos.
3° Saleix, près Vicdessos.
4° Forgues de Rivernert, une source principale, d'autres secondaires.
5° Sentein et vallon d'Autras, plusieurs sources.
6° Vallon d'Orle, Sentein, plusieurs sources.
7° Vallon d'Elye, Sentein, plusieurs sources.
8° Vallon de Massat, plusieurs naissants.

Eaux minérales de Mérens. — A 300 mètres au-dessus du village de Mérens, sur le bord de la rivière de Nabre, sourdent trois

sources très-sulfureuses et froides ; ces sources sont abondantes ; les habitants du pays y prennent quelques bains à l'ombre des roches qui les dominent.

Leurs températures et leurs teneurs en sulfure de sodium sont donnés par les nombres suivants :

	Température.	Sulfure de sodium.
N° 1.	30°,6'	0,014
N° 2.	38°,0	0,008
N° 3.	36°,1'	0,063

Les eaux minérales de Mérens sourdent de la formation des schistes anciens siluriens un peu métamorphiques, qui court en bande étroite de l'est à l'ouest, enclavée entre le granite des montagnes de l'Hospitalet et celui de hauts pics d'Orlu.

Eaux minérales d'Aulus. — La station thermale d'Aulus possède deux établissements de bains appartenant au même propriétaire ; l'un contient quinze baignoires et une buvette ; l'autre, plus récent, a une buvette et treize baignoires.

Ces établissements sont alimentés par trois sources ou plutôt trois naissants paraissant appartenir à une même source qui émerge des terres éboulées au pied de la montagne schisteuse de la Fareychinière ; la température de la source principale est de 1 à 19 degrés centigrades, celle des autres sources est de 17 degrés ; cette diminution d'un degré est due probablement à un plus long parcours des eaux à travers les terres éboulées. L'eau minérale n'est pas assez chaude pour servir directement aux bains, elle est chauffée dans des cuves en bois, à peu près closes par serpentinage.

L'eau minérale d'Aulus est limpide, a une saveur légèrement sulfureuse et ferrugineuse ; exposée à l'air, elle dépose un précipité rougeâtre ; à son griffon, on trouve en abondance de grands dépôts rougeâtres formés principalement d'oxyde de fer et matières organiques, où on a pu constater en quantité notable l'arsenic, le cuivre et le manganèse ; les éléments salins dominant dans cette eau sont les sulfates de chaux et de manganèse et le carbonate de chaux. L'eau contient de l'acide carbonique libre qui s'échappe en bulles au point d'émergence.

D'après M. Filhol, 10 litres d'eau renferment :

Acide carbonique libre	63,656
Chlorure de magnésium	0,052
Chlorure de sodium	0,012
Sulfate de chaux	18,177
Sulfate de magnésie	2,093
Sulfate de soude	0,129

Carbonate de chaux	1,268
Carbonate de magnésie	0,347
Oxyde de fer	0,046
Silice	0,076
Acide crénique et apocrénique	0,064
Manganèse	traces
Cuivre	traces
Arsenic	traces

Cette analyse classe l'eau minérale d'Aulus parmi les eaux séléniteuses.

Le débit des trois sources d'Aulus est le suivant :

La source principale, dite du Grand-Établissement, donne par minute 30 litres.

Ainsi répartis :

Buvette principale	3
Bains de deux établissements	20
Perdants	7

Les deux autres sources sont comprises dans le petit établissement; la principale donne par minute 18 litres.

Ainsi répartis :

Buvette	3
Perdants	15

L'autre source peut donner par minute de 6 à 10 litres; elle est complétement perdue.

L'évaluation de ces débits est difficile, les sources sont mal captées ; sur plusieurs points, des perdants se manifestent; l'évaluation faite doit être inférieure à la réalité; il serait facile, par des travaux bien dirigés et peu dispendieux, d'obtenir un débit plus considérable.

Ces trois sources paraissent identiques et appartenir à un tronc commun ; dans le voisinage apparaissent aussi quelques naissants ferrugineux et séléniteux ayant la même apparence et probablement la même origine.

3° Silurien (calcschistes).

Établissement d'Usson. — Les calcschistes du terrain silurien contiennent, dans le canton de Quérigut à Usson, extrémité orientale du département, trois sources minérales dont les températures sont 27 degrés, 26 degrés et 20 degrés centigrades. La première sert de buvette; les autres sont utilisées pour bains, chauf-

fées à cet effet par serpentinage; ces sources sulfureuses froides ont des qualités précieuses; l'établissement comprend six cabinets, il débute et est encore peu visité; les eaux donnent un dépôt très-arsenical, la buvette a été analysée à l'École des mines; elle laisse par évaporation un résidu composé ainsi qu'il suit :

Pour un litre d'eau :

Acide carbonique	0,065
— sulfurique	0,015
— chlorhydrique	0,005
Silice	0,055
Alumine et fer	traces
Alumine et chaux	0,010
Magnésie	traces
Potasse	0,011
Soude	0,032
Arsenic	0,001

Ces sources émergent des schistes noirs enclavés dans la formation des calcschistes du terrain silurien; au voisinage sont des pyrites et des traces charbonneuses.

4° Marnes irisées.

Eaux minérales de Castelnau. — Les marnes irisées contiennent deux petites sources minérales au voisinage de Castelnau-Durban; ces sources sourdent au milieu d'un petit plateau situé à 2 kilomètres de la grande route; formé par des marnes noirâtres un peu schisteuses et dominé au nord par de petites buttes de calcaire dolomitique.

Les deux naissants minéraux assez abondants sont légèrement sulfureux et chargés de matières organiques; ils ont quelque analogie avec les eaux d'Audinac.

Source salée des Andreaux. — L'étage des marnes irisées renferme, en outre, une petite source salée sur la gauche de la route de Montels à Labastide de Sérou, et un peu à l'ouest de la métairie des Andreaux, en relation avec des marnes gypseuses; la teneur saline est très-faible.

5° Marnes ophitiques.

Les marnes ophitiques des environs de Labastide de Sérou présentent dans le ravin de Ruffat qui descend du nord vers le sud, depuis la métairie de Ruffat jusqu'à la rivière de la Laujolle, une source ferrugineuse, légèrement sulfureuse, peut-être séléniteuse;

sa température est de 16 à 18 degrés, son débit de 8 à 10 litres par minute.

6° Marnes supraliasiques.

Les marnes ou schistes supraliasiques sont fréquemment imprégnées de pyrites de fer et matières charbonneuses, et enclavés en bande mince imperméable au milieu de puissantes formations très-perméables de calcaires plus ou moins dolomitiques; cette disposition est éminemment favorable à la formation d'eaux minérales à température peu élevée, séléniteuses et ferrugineuses avec matières organiques; cet étage présente un assez grand nombre de ces sources, dont les principales sont celles de :

1° Marbis près Ussat, montagne de Lugeat;
2° Les balmes de Massat;
3° Le Sarrat d'Aleu;
4° Le rocher de Foix;
5° Audinac.

Les trois premières ne sont pas utilisées, elles paraissent cependant excellentes et peuvent avoir des propriétés médicales précieuses, mais inconnues.

A ces sources des marnes supraliasiques, peut être rattachée la grande formation minérale des eaux d'Ussat, qui naît d'une fracture comprise entre les lias supérieurs et le calcaire à dicérates.

Eaux minérales du roc de Foix.—Les sources minérales de Foix, au nombre de trois, sourdent sur la rive droite de l'Arget au pied du roc de Foix; elles émergent du milieu des alluvions de la rivière sur la chaussée d'une minoterie, mais elles paraissent en relation manifeste avec l'étage des schistes supraliasiques; ces schistes apparaissent sur l'autre rive de l'Arget, riches en ammonites; ils sont noirs bitumineux et pyriteux, ils forment une bande mince avec pisolites rouges reposant sur les dolomies du lias de Saint-Sauveur.

De cette situation résulte la formation d'eau minérale séléniteuse et ferrugineuse avec légers dégagements d'hydrogène sulfuré, comme l'indique du reste l'analyse suivante faite par M. Filhol :

Eau, 1 kilogramme :

Acide sulfhydrique	0,002	
— carbonique libre	0,077	
Carbonate de chaux	0,044	
— de magnésie	0,011	
— de manganèse	traces	
Sulfate de protoxyde de fer	0,030	
— de chaux	0,021	
— de magnésie	0,059	0,332
Phosphate de chaux	traces	
Silicate de potasse	0,004	
Chlorure de sodium	0,000	
Iodure de sodium	traces	
Lithine	traces	
Matière organique	0,060	
Silice en excès	0,022	

Le dépôt ferrugineux très-abondant qui se forme au griffon contient beaucoup de matière organique.

Le débit de ces sources est assez faible; deux d'entre elles, qui ont été récemment captées, peuvent donner ensemble 6 litres par minute; le débit de la troisième, qui n'est pas captée, n'est guère que de 3 litres par minute. Cette eau minérale est utilisée en bains et buvettes.

Eaux minérales d'Audinac. — Les eaux minérales d'Audinac comprennent deux sources, toutes les deux séléniteuses; l'une, d'un faible débit, ne sert que de buvette; l'autre, beaucoup plus abondante, alimente une buvette et pourrait suffire aisément au service des trentes baignoires qui sont réparties entre les deux établissements de cette station, et appartiennent au même propriétaire; l'un d'eux fort ancien est complétement abandonné, l'autre assez récent est convenable de tous points. A Audinac, la buvette est plus suivie que ne le sont les bains; le débit de la source principale est de 125 à 130 litres par minute.

Les eaux minérales d'Audinac se rapprochent beaucoup par leur composition et leurs vertus des eaux d'Aulus, mais elles ont des propriétés moins actives.

La source principale dégage une légère odeur d'hydrogène sulfuré, provenant de la décomposition des sulfates terreux et ferreux par les matières organiques; elle laisse échapper des bulles de gaz dont, d'après M. Filhol, la composition est :

Azote	96,50
Oxygène	1,50
Acide carbonique	2,00
	100,00

Un litre d'eau contient les sels suivants :

Sulfure de calcium	traces
Chlorure de magnésium	0,008
Iodure de magnésium	traces
Carbonate de chaux	0,200
— de magnésie	0,010
Sulfate de chaux	1,117
— de magnésie	0,496
Oxyde de fer	0,003
— de manganèse	0,008
Crinate de fer	traces
Alumine	traces
Sulfate de soude	0,020
Matière organique	0,042
Acide carbonique	0,079
	1,983

La température de la source est de 22° 3/4 centigrades; on chauffe dans une chaudière l'eau destinée aux bains.

La deuxième source, dite Louise, contient les mêmes sels dans une proportion un peu différente.

Les eaux minérales d'Audinac sourdent du sein des schistes supraliasiques qui reposent sur les calcaires dolomitiques magnésiens; ces schistes sont pyriteux et charbonneux ; dans le voisinage ils ont donné lieu plusieurs fois à des tentatives d'exploitation pour lignites, comme à Aulus. C'est à la présence de ces pyrites et calcaires magnésiens que doit être rapportée la formation des eaux minérales.

Eaux minérales d'Ussat.—Le vallon d'Ussat, dans le voisinage de la station thermale, est le résultat d'une profonde fracture dirigée O. 30° N., qui affecte les couches calcaires des environs, et dont le résultat a été d'amener sur chaque versant du vallon des calcaires d'âges un peu différents : le calcaire liasique sur la rive gauche, et le calcaire à dicérates qui fait partie du terrain crétacé supérieur au précédent sur la rive droite.

L'élévation des deux lèvres de la fracture au-dessus du sol du vallon, atteint 200 mètres sur la rive droite et 500 mètres sur la rive gauche ; les deux bords sont verticaux et descendent aussi très-profondément au-dessous du sol de la vallée ; tout l'intervalle compris entre eux est rempli par un terrain meuble de cailloux roulés et de détritus de roches disjoints qui n'opposent que très-peu de résistance à l'écoulement naturel des eaux.

La largeur de cette profonde fracture peut atteindre, au niveau de la vallée, 400 mètres ; l'Ariége en occupe le centre en la traver-

sant en biais du sud-est au nord-ouest, et passant lentement de sa lèvre gauche à sa lèvre droite.

Les sources naissent verticalement du centre de la fracture avant d'émerger au jour; elles ont à traverser une forte couche de diluvium peu résistant et meuble, où elles se divisent en ramifications nombreuses, et ayant toutefois une tendance à suivre les points de moindre résistance qui sont naturellement les bords extrêmes de la fracture où les parois rocheuses la limitent au nord et au sud.

Près de la surface, les sources chaudes viennent former une nappe d'eau chaude très-étendue à un niveau peu inférieur à celui des eaux froides de l'Ariége, qui imbibent tout le sous-sol à une faible profondeur et à des distances plus ou moins grandes du lit central de la rivière.

La nappe d'eau chaude souterraine peut avoir, d'après la constitution de la vallée, 400 mètres de largeur et s'étend de l'est à l'ouest sur près de 600 mètres sur les deux rives de l'Ariége; en creusant à une faible profondeur, on pourrait, dans la plus grande partie de cette étendue trouver des eaux tièdes annonçant une grande dispersion de la nappe minérale; mais les principaux naissants paraissent concentrés sur les deux bords extrêmes de la fracture le long des parois rocheuses qui la ferment, soit sur la rive gauche, soit sur la rive droite où les eaux qui émergent de la profondeur ont trouvé un passage naturel plus facile; d'autre part, les masses d'eau froide de la rivière qui en occupent le centre, pressent fortement la nappe minérale et la refoulent en partie sur les parois imperméables du vallon.

Les eaux minérales d'Ussat sont classées par M. Filhol dans les eaux purement salines; d'après lui, leur composition est la suivante :

Pour un litre d'eau :

	gramme.
Chlorure de magnésium	0,034
Sulfate de magnésie	0,276
Carbonate de magnésie	0,010
Carbonate de chaux	0,268
Sulfate de chaux	0,306
	0,894

Elles dégagent en outre quelques bulles d'acide carbonique.

Sur la rive droite de l'Ariége, au bord oriental de la fracture, est le grand établissement de bains appartenant à l'hospice de Pamiers. Cet établissement, d'origine fort ancienne, a été complétement réédifié vers 1838 par les soins de M. l'ingénieur François;

grâce à ses beaux travaux, la station thermale d'Ussat a acquis depuis cette époque une importance considérable.

Autrefois les baignoires étaient creusées dans le sol lui-même, leurs parois latérales étaient formées par des plaques d'ardoises, et leur fond était constitué par le gravier au travers duquel surgissait l'eau minérale qui les alimentait.

Les bains n'étaient séparés de la rivière que par une zone assez étroite (32 mètres) d'alluvions très-perméables, qui ne s'opposaient pas complétement au mélange des eaux thermales avec l'eau froide; dans l'état ordinaire, l'Ariége s'élevant quelquefois à 2 mètres au-dessus du lac souterrain minéral; il y avait mélange de l'eau minérale avec l'eau froide.

Sur les trente-trois baignoires qui existaient dans l'établissement, quatorze étaient envahies de temps en temps par les eaux de l'Ariége. Cet effet se faisait sentir surtout sur les baignoires n°s 1, 2, 13, 14, 17, 18, dans lesquelles on ne pouvait se baigner que vers le 1er juillet et quelquefois vers le 15.

Dans les basses eaux le niveau de la rivière était inférieur à celui du lac, la majeure partie de l'eau thermale se perdait dans l'Ariége, et l'eau ne s'élevait plus dans les baignoires qu'à une hauteur de 35 centimètres. Ces circonstances rendent parfaitement compte des variations de température qui ont été observées par divers savants.

Par les soins de M. François, quatre galeries de recherche ont été percées vers la montagne et ont recueilli les naissants thermaux qui ont été soigneusement séparés des eaux d'infiltration; une longue galerie baigneuse a réuni tous ces naissants et a régularisé leur production, les baignoires ont reçu un courant d'eau continu. Pour obvier aux inconvénients des bas étiages de la rivière, une Ariége artificielle a été créée par l'établissement d'un canal hydrostatique dans le voisinage des bains; ce barrage liquide à niveau invariable, calculé de façon à établir un équilibre convenable, analogue à celui produit par l'eau de l'Ariége aux étiages moyens, refoule la nappe minérale contre les parois imperméables de la fracture, exhausse son niveau de façon à produire à la saison sèche un écoulement d'eau minérale à peu près constant dans la galerie baigneuse.

Un bel établissement contenant quarante-quatre cabinets de baignoires et quatre cabinets de douches, a été installé dans de bonnes conditions et de façon à obvier à peu près à tous les inconvénients constatés dans les anciens bains.

Depuis cette époque la réputation d'Ussat a grandi, la foule des

baigneurs a été toujours augmentant; dans les années de grande sécheresse, par de très-bas étiages de l'Ariége, l'eau minérale suffit parfois à peine au service de la nombreuse clientèle de la station.

Il resterait encore à apporter au beau système d'aménagement des eaux d'Ussat quelques petits perfectionnements qui en ce moment sont à l'étude.

La température des bains de l'hospice varie d'une extrémité de la galerie baigneuse à l'autre entre 29° 1/2 Réaumur et 25 degrés ; aux griffons principaux elle est de 38° 1/2 ; suivant les étiages de la rivière, ces températures oscillent en d'assez faibles limites.

Sur la rive gauche de l'Ariége, deux nouveaux établissements particuliers ont été tout récemment créés, l'un en amont, l'autre en aval du vallon de fracture.

Le premier comprend cinq cabinets et porte le nom de bains Sainte-Marie. Les travaux de captage se composent d'un simple puits vertical de $2^m,20$ de profondeur, qui a trouvé la nappe minérale à $1^m,70$; ce puits est entièrement creusé dans les sables d'alluvions, ses parois sont simplement boisées, non cimentées, et ne sont pas à l'abri des infiltrations des eaux superficielles; aussi l'eau minérale n'a guère qu'une température de 26° Réaumur; l'analyse chimique y a constaté les mêmes éléments qu'aux bains de l'hospice.

L'eau minérale est amenée à l'établissement des bains et douches par une pompe mue à bras; une extraction d'eau de 200 litres par minute ne produit pas de dénivellation au fond du puits.

L'établissement situé en aval porte le nom de bains Sainte-Germaine; il contient vingt-deux cabinets de bains ou douches et paraît devoir prochainement être encore agrandi. Les travaux de captage consistent en fouilles superficielles et un puits de 2 mètres de profondeur, creusé dans le sable, qui a rencontré la nappe minérale à la profondeur de $1^m,60$ ou $1^m,70$; ce puits a été parfaitement cimenté et mis à l'abri des infiltrations superficielles ; aussi l'eau minérale atteint-elle une température de 32° Réaumur lorsqu'elle est élevée par une forte pompe; une extraction d'eau de 800 litres par minute ne produit au fond du puits qu'une dénivellation de $0^m,05$ au-dessous de laquelle le niveau reste stationnaire.

Pour le service de l'établissement, l'eau minérale est extraite par une forte pompe, mue par un manége à cheval.

Ce système d'élévation artificielle des eaux minérales par une

pompe mue mécaniquement fait complétement disparaître tous les inconvénients de détail dus à la faible différence de niveau dans les anciens bains de l'hospice, des eaux froides de l'Ariége et de la nappe minérale ; il pourrait très-certainement être appliqué avec le plus grand avantage à cet établissement, et serait de nature à le mettre au niveau des besoins créés par la réputation méritée de la station thermale d'Ussat.

7° Crétacé supérieur.

Les marnes terreuses du crétacé supérieur présentent dans l'arrondissement de Saint-Girons deux naissants d'eau minérale ferrugineuse chargée de matières organiques paraissant en relation avec des couches d'argile noirâtres et pyriteuses.

L'une d'elles est située à 1 kilomètre à l'ouest du village de Clermont, près le Mas-d'Azil, à gauche de l'ancienne route qui va de Clermont à Saint-Girons.

L'autre, désignée sous le nom de Vigneoise, est très-connue des paysans des environs et comprise dans la commune de Contrazi, à droite de la route qui conduit de Saint-Girons à Sainte-Croix ; elle paraît devoir mériter quelque attention.

D'autres naissants plus ou moins minéraux sont très-fréquents dans les marnes de cet étage en relation avec de petits amas plus ou moins charbonneux et pyriteux ; on en trouve sur la route qui monte de Foix au Col-del-Bouich et grand nombre d'autres lieux.

8° Terrain nummulitique. — Schistes quartzites et grès éocène.

Source salée de Camarade. — La source salée de Camarade est située dans un petit bassin profond connu depuis longtemps sous le nom de Salin, dans la commune de Camarade. Ce bassin est formé par les marnes jaunâtres et grès inframiliolitiques vers leur contact avec les schistes, qui, désignés sous le nom de schistes quartzites, forment, dans cette région, la base du terrain nummulitique. En ce point, les quartzites manquent totalement, les schistes sont terreux, tendres et passent le plus souvent à des marnes jaunâtres.

Ce bassin est creusé au pied d'une suite de coteaux, disposés circulairement, dont les bords élevés présentent au nord-est une échancrure où existe un passage étroit et profond au milieu des bancs de calcaire à miliolites à stratification verticale.

Le fond du bassin est occupé à la surface par des argiles jaunâtres et des grès terreux; à peu de profondeur, on rencontre des masses gypseuses, très-puissantes, englobant des amas irréguliers de sel gemme, qui saturent de sel toutes les eaux qui descendent à une certaine profondeur.

Au milieu de ce bassin était l'ancien puits salin connu depuis de très-longues années, qui, en 1831, était dans la situation suivante :

Le puits salin avait 7 à 8 mètres, creusé dans une argile brunâtre renfermant des cristaux de sélénite et du gypse fibreux; des tranchées exécutées dans le voisinage pour les fondations d'une maison ont fait voir que le sous-sol était formé par des argiles gypsifères. Les eaux salées marquaient 10° à l'aréomètre de Beaumé, leur richesse et leur quantité étaient très-variables. Dietrich, qui avait visité ce puits vers 1780, dit qu'on tirait par vingt-quatre heures 24 cuveaux de 4.741 pouces cubes (2.462 litres).

On traitait l'eau salée dans six petites chaudières et l'on obtenait par jour environ 200 kilogrammes de sel.

En 1831, l'extraction moyenne était de 10 à 12 hectolitres par jour. A la suite des pluies et presque instantanément le niveau de l'eau s'élevait dans le puits et la salure de l'eau augmentait. Le minimum de salure correspondait au niveau le plus bas des eaux et au temps de sécheresse.

Plus tard, ce puits salin fut approfondi; vers 1848, il avait 14 mètres de profondeur et donnait de l'eau salée d'une manière assez régulière.

Un peu avant la concession qui date de 1848, les travaux suivants ont été exécutés.

1° Au bas du puits de 14 mètres de profondeur, une galerie sinueuse dont le développement était de 12 mètres environ.

2° Cinq sondages différents, dont trois dans les argiles avec plâtres salifères et deux dans les grès environnants. Chaque sondage est resté dans le terrain même où il avait été commencé. On n'a pas conservé de renseignements précis de ces sondages; leur profondeur n'a jamais dépassé 45 mètres.

3° Un grand puits cuvelé, quarré, de 2 mètres de côté et de 33 mètres environ de profondeur. En le creusant on a rencontré une petite source salée marquant 5° à l'aréomètre. Ce puits se trouve aujourd'hui englobé dans l'enceinte de l'usine; on l'avait creusé pour y conduire les eaux de la source du petit puits, qui paraît d'ailleurs dans la profondeur venir de ce côté.

L'analyse de l'eau faite à cette époque a donné le résultat suivant :

Pour un litre d'eau :

Sel calciné	»
Chlorure de sodium	119,044
— de magnésium	2,082
— de calcium	0,817
Sulfate de soude	8,152
— de chaux	1,054
Total	130,999

Plus tard, en 1850, un sondage fut essayé à 192 mètres au nord-ouest du puits d'extraction formé dans l'intérieur de l'usine.

Ce sondage a traversé tout d'abord des marnes et argiles gypseuses sur une profondeur de 19^m,75, a pénétré dans des gypses non salifères où il est resté jusqu'à la profondeur de 34^m,10 ; à ce point, il a rencontré des gypses plus ou moins salifères et a atteint le sel à la profondeur de 64^m,40 ; il a successivement traversé trois couches de sel dur et très-pur, séparées par de petites couches boueuses et argileuses d'une faible puissance ; l'épaisseur de la première couche est de 1^m,25 à 1^m,30, celle de la deuxième couche est de 2^m,90 à 3 mètres ; enfin la troisième couche n'a été percée qu'à la profondeur de 1 mètre, bien que la sonde en ramenât un sel dur, très-blanc, propre, sans préparation aux usages domestiques. Le sondage a été arrêté à la profondeur de 70^m,40.

A la même époque, un peu de temps après, le puits de l'usine fut approfondi jusqu'à 56 mètres ; les 22 premiers mètres sont dans les marnes et argiles gypseuses, le reste dans les gypses non salifères ; au fond du puits un sondage fut essayé, il est resté dans les gypses jusqu'à la profondeur de 80 mètres, a pénétré alors dans la formation des gypses salifères où il a été approfondi jusqu'à 109 mètres sans recouper de sel gemme.

Un grand sondage a été un peu plus tard exécuté à 80 mètres au nord-ouest du puits de l'usine et 112 mètres au sud-est du premier sondage ; il a successivement rencontré : le plâtre à 11 mètres, le gypse salifère à 39^m,70 et le sel gemme à 46^m,80, qu'il a traversé sur une profondeur de 22 mètres sans trouver la base inférieure du gisement salin.

Pour recouper l'amas de sel gemme rencontré dans les deux principaux sondages, une galerie horizontale de recherche a été commencée au bas du puits, dirigée au nord-ouest vers la dernière masse découverte ; elle avait 80 mètres à parcourir pour l'atteindre ; à environ 60 mètres du puits, elle rencontra une forte source qui inonda tous les travaux et dont les pompes ne purent parvenir

à se rendre maîtres; depuis cette époque, les travaux souterrains de Camarade sont noyés et l'exploitation n'a d'autre objet que l'évaporation dans les chaudières de l'eau salée qui afflue en abondance dans le puits principal de l'usine.

L'extraction de l'eau salée se fait au fur et à mesure des besoins de l'usine par une pompe d'épuisement mue par une machine à vapeur; cette pompe fonctionne un jour par semaine quand l'atelier d'évaporation est en bonne marche, et dans ces conditions elle peut donner 100 hectolitres d'eau par heure, contenant 33 kilogrammes de sel par hectolitre; le niveau supérieur de l'eau salée est toujours à 18 mètres en contre-bas du sol de l'usine, le reste est pendant l'hiver plein d'eau non salée qu'on épuise une fois pour toutes au commencement de chaque campagne, par une pompe spéciale mue par la même machine à vapeur.

L'eau salée est portée par la pompe dans un grand bassin de dépôt présentant une superficie de 107 mètres carrés, où elle dépose les rares matières qu'elle tient en suspension et se composent principalement de gypse.

L'eau est naturellement presque saturée et est conduite sans préparation intermédiaire à l'atelier d'évaporation.

Cet atelier se compose de dix séries de trois chaudières; ces séries sont adossées deux à deux de façon à former un seul bâtiment à cinq longues files de chaudières; chaque série de trois chaudières a un foyer spécial chauffé au bois; le dépôt du sel se fait seulement pour chaque série dans la chaudière d'aval en contact direct avec la flamme du fourneau; la concentration du sel est préparée dans les deux chaudières d'amont, chauffées par les flammes perdues du même fourneau.

Dans chaque série, la chaudière d'aval où se fait le dépôt a une surface d'évaporation de 15 mètres carrés, l'intermédiaire 12 mètres carrés et celle d'amont 10 mètres carrés; la profondeur d'eau est d'environ $0^m,25$ dans chacune d'elles.

Un atelier de cette nature en marche régulière peut produire 5.000 à 5.500 kilogrammes de sel vendu au prix de $14^f,50$ à $14^f,75$.

Sarradas. — De l'autre côté du coteau de Cap-del-Bosc, qui domine au sud le bassin de Camarade, est un vieux puits salin au quartier de Sarradas; ce puits connu depuis de très-longues années n'a été l'objet d'aucune tentative d'exploitation. Cette formation saline est dans la même situation que celle de Camarade.

9° Calcaire à miliolites.

Eaux minérales de Foncirgues. — Les sources de Foncirgues, commune de Labastide-du-Peyrat, sont au nombre de trois et sourdent dans la vallée de l'Hers, tout près de la rivière, de roches calcaires appartenant aux assises supérieures du calcaire à miliolites. Les températures de ces sources sont de 15°, 20° et 22° centigrades; la première est affectée au service des bains, la seconde à la buvette et la troisième est perdue dans la rivière non utilisée; le débit de ces sources est considérable et n'a pas été encore exactement jaugé.

L'eau affectée aux bains est artificiellement chauffée et conduite aux cabinets par des pompes élévatoires.

D'après une analyse ancienne, la composition de cette eau est la suivante :

Eau pour un litre :

Substances gazeuses.	Acide carbonique	27,02
	Azote	19,38
	Oxygéne	4,42
	Total	50,82
Substances fixes.	Matières organiques ressemblant à l'alumine	0,0352
	Sulfate de magnésie	0,0127
	— de soude	0,0012
	— de chaux	0,0333
	Chlorure de magnésium	0,0017
	— de calcium	0,0036
	Carbonate de chaux	0,1897
	— de magnésie	0,0115
	Magnésie combinée à la matière organique	0,0070
	Oxyde de fer et phosphate de chaux	0,0077
	Silice	0,0024
	Perte	0,0071
	Total	0,3131

L'eau de Foncirgues contient une énorme proportion de matières organiques à laquelle doit être attribuée une partie de ses effets curatifs; le sel dominant est le carbonate de chaux, ce qui ferait classer cette eau parmi les eaux minérales purement salines; l'acide carbonique s'en dégage en bulles avec assez d'abondance.

Un établissement créé depuis plusieurs années contient huit cabinets; l'eau est surtout prise en boisson.

Dans le voisinage immédiat des sources minérales de Foncirgues

et un peu au midi apparaît en larges zones d'affleurements la formation des grès éocènes avec ses bancs ordinaires de schistes pyriteux et charbonneux; sur plusieurs points le lignite a été exploité anciennement pour jayet.

Eaux minérales de Bedeille. — A Bedeille, canton de Sainte-Croix, le calcaire à milliolites présente une source ayant quelque analogie avec les eaux de Foncirgues qui sourde d'argiles jaunes et noires un peu ligniteuses, communes à la base de l'étage, ces argiles renferment quelques pyrites; la source, composée de trois naissants voisins, est presque froide, peut avoir 15 à 16° centigrades, un débit de 16 à 18 litres par minute; elle a un léger goût d'hydrogène sulfuré et doit contenir des sulfates et carbonates alcalins et surtout beaucoup de matières organiques qui lui donnent une certaine onctuosité; elle est prise en boissons et en bains et utilisée dans un petit établissement de bains déjà ancien qui comprend trois cabinets et quatre baignoires.

Vicdessos, le 25 janvier 1869.

MÉMOIRE

SUR

L'APPLICATION FAITE AUX MINES DE SAARBRUCKE DES PERFORATEURS MÉCANIQUES A AIR COMPRIMÉ AU CREUSEMENT DES PUITS.

Traduit de l'allemand (*) par M. A. PERNOLET, ingénieur aux mines d'Anzin, élève externe de l'École des mines de Paris.

L'emploi de l'air comprimé dans les travaux de mines est de date relativement récente. Depuis qu'en 1839 l'ingénieur français Triger appliqua, le premier avec succès, le principe de la cloche à plongeur pour la traversée des terrains inconsistants, on s'est maintes fois servi de l'air comprimé (en Belgique et plus tard — depuis 1856, — dans les provinces rhénanes, puits Maria dans le district de Worms près d'Aix-la-Chapelle, et tout récemment au puits Rheinpreussen, près Homberg sur le Rhin), pour le fonçage ou la réparation des puits au milieu de terrains mouvants, mais sans jamais pourtant utiliser cet agent comme force motrice.

Le premier emploi qu'on fit de l'air comprimé comme moteur pour machines souterraines est dû, comme tant d'autres progrès réalisés dans l'art des mines, à l'Angleterre. Dès l'année 1851, à l'usine à fer de Govan, près

(*) Le mémoire allemand dont j'ai traduit tout ce qui se rapportait aux perforateurs mécaniques, a été publié dans les *Annales des mines prussiennes*, tome XVII, 1re livraison, sous ce titre :

Die Anwendung comprimirter Luft zum Betriebe unterirdischer Maschinen, par le Bergassessor Hasslacher.

Glasgow, on mit en marche une machine souterraine à air comprimé faisant l'extraction de l'eau et du charbon *en vallée*. Depuis lors, les machines de ce genre se sont répandues dans toute l'Angleterre, et d'après la conviction exprimée par beaucoup d'ingénieurs anglais, un brillant avenir est réservé à l'air comprimé pour les travaux intérieurs, dans tous les districts miniers de la grande Bretagne.

Sur le continent, la première installation de machine intérieure marchant à l'air comprimé fut faite au commencement de 1865 à la houillère de Sars-Longchamp, dans le district de Charleroi (Belgique). Il doit y avoir actuellement dans cette houillère quatre machines établies en différents points des travaux pour l'extraction et l'épuisement en vallée, ainsi qu'une machine commandant une traction par câble sur voie horizontale. L'air comprimé est produit au jour par une machine spéciale et conduit dans les travaux par des tuyaux en fonte.

Jusqu'à présent, ces sortes de machines ne se sont pas encore répandues sur le continent, en Allemagne du moins il n'y en a encore aucune application.

Mais en revanche, l'emploi de l'air comprimé a pris, sur le continent, une place importante comme moteur de machines perforatrices et haveuses. Dès l'année 1855, l'ingénieur italien Sommeiller commença des expériences avec un perforateur inventé par lui, et marchant à l'air comprimé. Ce perforateur, employé au percement du mont Cenis (tunnel de 12.000 mètres), a déjà donné des résultats qui ont dépassé toutes les espérances. Il est hors de doute que sans le secours de l'air comprimé, cette entreprise, la plus gigantesque de notre siècle, n'aurait pu être menée à terme qu'en un temps double ou triple, si même elle n'avait pas été irréalisable.

Depuis les premiers essais de Sommeiller on a expérimenté en Angleterre, en Amérique et en Allemagne, toute

une série de machines perforatrices et haveuses, qui ont été construites en vue de l'emploi plus ou moins exclusif de l'air comprimé comme moteur. En Allemagne particulièrement, où l'on a essayé les perforateurs de Schwartzkop, de Schumann, et enfin les perforateurs de Sachs, qui ont été succesivement simplifiés, les excellents résultats donnés par cette dernière machine aux mines de la Vieille-Montagne près d'Aix-la-Chapelle, ont déterminé, en 1867, l'administration des mines prussiennes à les introduire dans les houillères de Saarbrucke.

Les haveuses ont jusqu'à présent moins bien réussi en Allemagne; nous citerons néanmoins comme les meilleures d'entre elles. celle des Anglais Jones et Levick et celle de Carret et Marshal. Actuellement on fait aussi sur ces machines, à Saarbrucke même, des expériences en employant l'air comprimé comme moteur, et ces expériences conduiront (sans doute) à un emploi continu, avantageux, de ces machines.

Dès maintenant, il est certain qu'à la surface, les machines à air n'ont aucune raison d'être, toutes les fois qu'une force notable est nécessaire; les machines à vapeur sont beaucoup plus économiques.

Mais pour les machines à établir à l'intérieur des mines, tant d'obstacles s'opposent à l'emploi de la vapeur que les machines à air présentent sur les machines à vapeur un avantage décidé dans un grand nombre de cas, comme par exemple lorsqu'on est à grande profondeur ou à grande distance du puits principal, ou bien encore lorsque l'air manque. La facile distribution de l'air comprimé en tout point de l'intérieur des travaux, l'absence complète de chaleur dans la conduite et dans la machine réceptrice, absence qui assure leur conservation, et plus particulièrement encore l'excellente ventilation que donne l'air comprimé, au point même où on l'emploie, enfin la facilité avec laquelle on peut en faire profiter un point éloigné, sont autant d'avan-

tages en faveur des machines à air. Ces avantages, mis en regard des nombreux inconvénients de l'emploi de la vapeur au fond, acquièrent une importance très-grande, et doivent être fort appréciés, particulièrement pour les houillères.

Ajoutons à cela que, lorsqu'on emploie des machines à l'intérieur, il s'agit moins d'établir en un point de grosses machines, que de répartir de moindres forces en un grand nombre de points, au moyen de machines facilement transportables d'un point à un autre. C'est le cas, par exemple, des treuils, et plus encore des machines perforatrices ou haveuses, pour lesquelles la nécessité de déplacements journaliers, continus même, rend l'air comprimé seul admissible.

A Saarbrucke, avec la méthode d'exploitation adoptée, l'installation de plans inclinés établis suivant la pente des couches en aval-pendage de la voie de fond, était difficile et coûteuse. Au niveau supérieur on a eu recours à une machine locomobile à vapeur, en d'autres points on a utilisé le treuil d'un plan automoteur du niveau supérieur au moyen d'artifices spéciaux pour la voie descendante du niveau inférieur; à la mine Gehrard, on a, dans le même but, fait de grosses dépenses pour installer une petite turbine et une machine d'extraction à colonne d'eau. Après tous ces essais on en est revenu finalement à la traction par chevaux, qui est l'ancien système très-coûteux aussi, et là où la forte inclinaison des couches interdisait l'emploi des chevaux, on a dû abandonner le principe des voies inclinées, et creuser des voies montant en diagonale de bas en haut; mais alors l'accumulation du grisou est à craindre et crée des embarras plus grands encore, qui nuisent beaucoup au travail.

Toutes ces difficultés, l'emploi de l'air comprimé les écarte : les treuils à air comprimé, permettent, non-seulement d'établir avec économie d'argent et de temps, à

toute profondeur et à toute distance du puits principal, des plans inclinés en aval-pendage de la voie de fond, quelle que soit la pente de la couche, mais ils permettent encore de prendre un niveau inférieur en partant du plan incliné, et de préparer sur de grandes longueurs les travers-bancs nécessaires, bien avant que le puits principal soit amené à la profondeur de ce nouvel étage et que l'on puisse y commencer une exploitation.

Mais si déjà l'on peut obtenir, par l'emploi des treuils à air comprimé installés à la tête de plans inclinés en aval-pendage, une amélioration importante dans la préparation des travaux, on peut, pour ces mêmes travaux, réaliser une économie de temps et de travail plus grande encore en adoptant des perforateurs à air pour le creusement des galeries. Les essais comparatifs faits à la Vieille-Montagne, l'année dernière, montrent que dans les roches dures les plus défavorables, les perforateurs à air font dans le même temps plus du double de l'avancement obtenu à la main.

Dans les houillères de Saarbrucke où d'année en année croissent les productions demandées à chaque siége d'exploitation, au point d'obliger souvent à sacrifier les travaux préparatoires improductifs à la préparation des travaux d'abattage nécessaires pour assurer une grande extraction, tout moyen d'activer les travaux préparatoires, sans diminuer l'extraction, est de la plus grande importance.

Aussi l'administration royale de ces houillères se décida-t-elle, dès 1863, à expérimenter en grand les machines à air comprimé tant pour le creusement des puits et des travers-bancs que pour l'extraction en vallée, et à établir d'une manière définitive celles qu'on reconnaîtrait utilisables.

L'emploi de l'air comprimé pour actionner des machines établies à l'intérieur, exigeant l'installation au jour de machines à comprimer très-coûteuses, il convenait de choisir pour ces expériences un siége d'exploitation où la préparation d'un nouvel étage rendît nécessaire l'établissement si-

multané de plusieurs treuils à air et de perforateurs mécaniques.

Il fallait de plus qu'à ce siége existât une installation puissante de machines et de chaudières, à laquelle on pût facilement adjoindre la nouvelle installation.

Ces circonstances se trouvaient réunies à Sulzbach-Altenwald et à Gerhard-Prinz-Wilhelm, et l'on se décida pour les siéges d'exploitation d'Altenwald et d'Albert-Schacht, dont les travaux se prêtaient parfaitement à l'emploi économique de l'air comprimé, en même temps qu'ils demandaient une très-grande activité dans les travaux préparatoires.

Les installations nécessaires furent terminées à ces deux puits, dès 1867, tant au jour qu'à l'intérieur et les machines à air commencèrent à fonctionner aussitôt. Bien que les expériences faites avec ces machines ne puissent pas encore être considérées comme achevées, elles montrent déjà très-nettement les avantages qu'on peut tirer de l'air comprimé pour toutes les machines à établir à l'intérieur des mines.

L'emploi de l'air donne une économie importante de temps et de main-d'œuvre, tout en étant avantageux aussi au point de vue argent. Sous ce rapport, il n'était pas sans intérêt de publier la description de l'ensemble des installations mécaniques faites à Saarbrucke, ainsi que les résultats déjà obtenus par leur moyen.

Nous nous bornerons, dans ce mémoire, aux installations de Sulzbach-Altenwald, et, dans ces installations, nous ne nous occuperons que des machines à comprimer l'air et des perforateurs mécaniques.

Machines à air de Sulzbach-Altenwald.

Les machines à comprimer l'air de Sulzbach-Altenwald ont été installées au jour, à proximité du puits de Gégenortschacht sur la halde de la galerie de niveau de

Flottwell, dans le district d'Altenwald. La conduite principale descend par le puits Gegenortschacht jusqu'au premier niveau à la profondeur de $152^m,75$, où elle se divise en plusieurs branches qui vont distribuer l'air aux différentes machines à air.

L'installation des compresseurs au jour et la pose de la conduite commencèrent vers la fin de l'année 1866 ; la mise en service régulier date du 1er mai 1867. Quant aux machines souterraines, il y avait seulement alors un treuil à air pour l'extraction et l'épuisement en vallée dans la couche Eugène (n° 5 Oberbank). — Ce plan incliné relie le premier niveau à un deuxième niveau, à la préparation duquel il sert.

En juillet 1867 les perforateurs furent appliqués à l'approfondissement du puits Gegenortschacht au-dessous du premier niveau : ce travail n'a jamais été interrompu depuis.

Au commencement de 1868, on mit en marche au puits Eisenbahnschacht n° II, un second treuil à air pour l'extraction des déblais et des eaux provenant de l'approfondissement de ce puits, ainsi qu'une pompe à air pour l'épuisement des eaux du puits Eisenbahnschacht n° I. Très-prochainement enfin, on aura, en dehors des machines précitées, des perforateurs pour l'approfondissement des deux puits Eisenbahnschacht n° I et N° II, et pour le creusement des travers bancs principaux du deuxième niveau.

Le plan et la coupe donnés à la Pl. X, *fig.* 6 et 7 montrent la position des différentes machines à air ainsi que l'étendue actuelle de la tuyauterie qui leur fournit l'air comprimé.

I. — Production de l'air comprimé.

Les machines à comprimer l'air sont installées dans un bâtiment en pans de bois et briques dont la construction et l'emplacement permettent un agrandissement qui doit se faire l'année prochaine. Cette installation se compose d'une

machine motrice et de deux compresseurs. Le tout a été étudié et construit dans les ateliers de Sievers et Cie, à Kalk, près Deutz. Extérieurement au bâtiment, sous un simple abri en planches, est un réservoir à air d'où part la conduite principale.

Machine motrice. — La machine motrice est une machine à haute pression, à cylindre horizontal, de 0m,628 de diamètre et de 1m,099 de course, à détente variable, avec régulateur et volant. Avec de la vapeur à 3 atmosphères, en admettant à pleine pression pendant la demi-course seulement, et marchant à 50 tours par minute, cette machine peut développer une force nominale de 170 chevaux, en nombre rond. Actuellement, elle ne marche qu'à 2 atmosphères, à 25 tours par minute, et l'on détend au demi; la force développée dans ces conditions est de 54,27 chevaux.

La vapeur nécessaire est fournie par deux chaudières à foyers intérieurs qui desservent en même temps la machine d'extraction et une scierie mécanique.

La machine motrice actionne un arbre de couche qui commande par pignon et engrenage les compresseurs. Cet arbre est installé de telle sorte que lors de l'agrandissement prévu, on pourra, en le prolongeant, atteler sur lui deux nouveaux compresseurs. En dehors des compresseurs, la machine commande encore, par courroie, un tour et une machine à forer qui sont installés dans un atelier adjacent à la chambre des machines et spécialement affecté à la réparation des perforateurs.

La Pl. X, *fig.* 3, 4 et 5 fait connaître la disposition de toute l'installation.

La transmission indirecte de l'effort exercé sur le piston à vapeur aux compresseurs a, sur la transmission directe telle qu'on l'obtient en plaçant le cylindre à air dans le prolongement du cylindre à vapeur, cet avantage que la machine à vapeur peut conserver une plus grande vitesse

et que, par suite, on peut se passer d'un volant aussi lourd que celui qu'exigerait une marche plus lente. En outre, si la machine doit marcher à détente, on aurait, en commandant directement le compresseur, la plus forte résistance (à la fin de la course du piston compresseur) au moment où la force motrice de la vapeur est le plus faible dans le cylindre, et *vice versâ*.

En adoptant la transmission par engrenage, cet inconvénient disparaît.

Compresseurs. — Les compresseurs sont construits d'après le système employé pour la première fois au mont Cenis par les ingénieurs italiens.

Pour tourner les difficultés engendrées par l'espace nuisible et l'échauffement, difficultés qui, dans les machines à comprimer habituelles, s'opposent à la compression de l'air à une haute pression, on a disposé les choses de telle façon que le piston n'agisse pas directement sur l'air, mais bien par l'intermédiaire d'un matelas d'eau. On a ainsi ur les deux faces d'un piston se mouvant horizontalement, une colonne d'eau d'une certaine hauteur, qui monte ou descend suivant que le piston avance ou recule. A la descente, l'air est aspiré dans l'espace laissé libre par l'eau, et à la remonte, l'air est comprimé, puis complétement hassé. L'eau approche si près de la soupape de refoulement, que l'espace nuisible disparaît presque entièrement.

Quant au piston lui-même, l'eau constitue une garniture qui ne permet aucune fuite d'air et qui empêche tout échauffement du piston, du cylindre ou des soupapes. Avec des machines ainsi construites, on peut obtenir de l'air comprimé à 5 et 6 atmosphères effectives dans des conditions très-satisfaisantes. La Pl. X, *fig.* 1 et 2, donne la coupe et le plan d'un compresseur dans lequel le piston se trouve au milieu de sa course.

Le piston a un diamètre de $0^{m}.393$ et une longueur de $3^{m}.689$; il est creux à la manière d'un plongeur, avec une

épaisseur de fonte de $0^m.027$; il est tourné extérieurement et fermé à ses deux extrémités. Des deux côtés, le piston se meut dans un cylindre de $1^m.569$ de longueur, et de $0^m.523$ de diamètre.

Ce cylindre porte en son milieu une tubulure cylindrique de $0^m.838$ de diamètre et de $0^m.131$ de hauteur.

Sur cette tubulure, qui s'élargit vers le haut, est assemblée, à collet et boulons, une boîte à soupapes de $0^m.707$ de hauteur.

Le tout forme, à chaque extrémité du piston, une colonne s'élevant de $0^m.838$ au-dessus d'un cylindre horizontal.

Les deux corps de pompe sont séparés par une distance horizontale de $1^m.779$, mesurée de boîte à étoupe à boîte à étoupe. Dans cet intervalle se meut une traverse de piston en fer fixée sur lui, en son milieu, au moyen d'une bague, et qui, guidée de chaque côté du piston dans des glissières fixes, sert de point d'attelage aux deux bielles qui s'attellent elles-mêmes aux engrenages par 2 boutons. La course du piston est de $1^m.255$.

A l'intérieur de la boîte à soupapes se trouvent le siége des soupapes et le couvercle de la boîte. Ces pièces sont disposées de manière à former deux espaces annulaires, l'un, inferieur, compris entre la boîte et le siége des soupapes pour l'air aspiré, et l'autre entre la boîte et le couvercle pour l'air comprimé.

Le siége des soupapes consiste en un cylindre vertical ouvert par le haut avec large collet boulonné sur l'élargissement de la boîte à soupapes, et fermé en bas par une calotte conique, fortifiée par quatre nervures rayonnantes. Sur le cylindre vertical sont percées quatre rangées de trous de $0^m,020$ de diamètre, qui servent à l'admission de l'air, tandis que le collet horizontal porte des ouvertures analogues pour l'échappement.

La soupape d'aspiration est formée d'un cylindre en

caoutchouc de $0^m,027$ d'épaisseur et de $0^m,157$ de hauteur, qui est appliqué sur les ouvertures d'admission d'air et que quatre rivets maintiennent sur la lanterne. Un anneau plat de même matière, de $0^m,027$ d'épaisseur et de $0^m,210$ de largeur suivant le rayon, fixé par son bord intérieur sur le siége de la soupape, ferme les orifices de refoulement.

Le couvercle présente un cylindre intérieur ouvert, qui vient former le prolongement de la lanterne du siége des soupapes; il s'assemble par un large collet plat, armé de nervures rayonnantes, avec le collet supérieur de la boîte à soupapes.

Toutes ces pièces : boîte à soupapes, siége de soupapes et couvercle, sont, comme le corps de pompe et le piston, en fonte d'une épaisseur qui varie de $0^m,027$ à $0^m,054$, suivant la pression à supporter. Tout le système repose sur un bâti en fonte qui est solidement ancré dans les fondations.

Le corps de pompe et la boîte à soupapes contiennent la colonne d'eau dont il a été parlé plus haut : lorsque le plongeur sort du corps de pompe, cette colonne d'eau baisse, la soupape d'admission s'ouvre et l'espace libre laissé par l'eau dans le vide annulaire qui est compris entre la boîte à soupapes et le siége de soupapes, se remplit d'air. Dans la course inverse du piston la soupape d'admission se ferme et la colonne d'eau, qui monte à mesure qu'avance le piston, comprime l'air précédemment aspiré jusqu'à ce qu'il ait atteint une pression suffisante pour soulever la soupape de refoulement; puis, à partir de cet instant, le refoule dans l'espace annulaire compris entre la boîte à soupapes et le couvercle, d'où il passe dans la conduite et le réservoir. Lorsque le piston a atteint l'extrémité de sa course, l'eau s'élève jusqu'à la soupape de refoulement et tout l'air est expulsé. Le piston revient alors et les phénomènes inverses se produisent. Le plongeur ayant à chacune de ses extrémités un corps de pompe avec boîte à

soupapes et colonnes d'eau, aspire d'un côté pendant qu'il refoule de l'autre; le compresseur est donc à double effet.

Pour remplacer l'eau qui est entraînée avec l'air, on amène de l'eau fraîche dans chaque lanterne de soupape, au moyen d'un tuyau de 0^m,013 de diamètre, qui prend l'eau dans un réservoir d'une capacité d'environ 1.240 litres. Cette eau s'ajoute à l'eau stagnante qui reste dans la lanterne des soupapes, tant que les soupapes d'aspiration sont fermées; aussitôt que celles-ci s'ouvrent, toute l'eau qui se trouve au-dessus du rang inférieur des ouvertures d'aspiration coule dans le corps de pompe et vient s'ajouter à l'eau qu'il contient. L'excès d'eau que reçoit ainsi la colonne est chassé avec l'air à travers la soupape de refoulement dans la conduite d'air. Cet excès d'eau qui passe avec l'air dans la conduite, a l'avantage d'annuler tout espace nuisible, en même temps qu'il empêche la température de s'élever. L'expérience indique bientôt l'ouverture à donner aux robinets d'amenée d'eau fraîche, suivant la vitesse plus ou moins grande du piston.

L'air comprimé, produit comme nous venons de le dire, se réunit dans un tuyau horizontal de 0^m,157 de diamètre, qui joint les deux boîtes à soupapes d'un même compresseur; de ce tuyau se détache perpendiculairement un tuyau qui monte verticalement de 1^m,883, puis redevient horizontal pour rejoindre le réservoir.

Dans le prolongement du tuyau vertical et au-dessous du tuyau d'échappement, se trouve une *poche à eau* destinée à recueillir l'eau entraînée avec l'air comprimé. Cette poche à eau est reliée par un tube en fer étiré, de 0^m,013 de diamètre, à un petit appareil automatique qui renvoie l'eau au réservoir à eau froide.

Sur le tuyau vertical de chaque compresseur est une vanne qui permet de l'isoler en cas de réparation; de même, pour le cas de réparation, chaque corps de pompe porte au fond un robinet de décharge qui permet de le vider.

Actuellement, deux compresseurs sont en marche à Altenwald, et on en ajoutera prochainement deux autres.

La pression effective à laquelle l'air est comprimé, s'élève à 3 atmosphères. Bien qu'il soit facile d'obtenir une pression supérieure, il ne convient pas, principalement pour des machines souterraines, de dépasser 3 à 4 atmosphères. Les expériences faites en Angleterre (Mémoire de Cornet) avec de l'air comprimé à 8 et 9 atmosphères, ont montré qu'à ces fortes pressions l'emploi de l'air comprimé dans les machines ne peut pas être régulier, l'énorme refroidissement que produit sa détente congelant l'eau qu'il contient inévitablement et les glaces obstruant vite les ouvertures d'échappement. On s'est toujours et partout vu obligé d'abandonner les hautes pressions et de se limiter à 3 ou 4 atmosphères: effectives qui n'ont été dépassées ni en Belgique ni au mont Cenis.

Réservoir d'air. — Les machines souterraines, à air comprimé, ne marchant pas continuellement, la consommation d'air n'est pas régulière; il est par conséquent nécessaire de recevoir l'air comprimé produit par les compresseurs dans un réservoir qui doit être assez grand pour faire face pendant quelque temps aux inégalités qui surviennent entre la production et la consommation. Lorsqu'on n'emploie qu'un compresseur la capacité du réservoir doit être d'au moins 20 fois la consommation par minute, mais, lorsqu'on a plusieurs compresseurs, il suffit d'avoir une capacité représentant de 5 à 10 fois la consommation par minute.

A Altenwald, on emploie comme réservoir, trois vieilles chaudières à vapeur qui communiquent entre elles et qu'on a essayées avant leur emploi, à une pression de 6 atmosphères effectives sans qu'elles aient accusé aucune déformation ni fuite. Leur capacité totale est de $21^{m^3},737$ ainsi répartis:

Chaudière supérieure.	7^{m3},743
1re chaudière inférieure.	5^{m3},951
2e chaudière —	7^{m3},821
Communication et trous d'homme.	0^{m3},222
Total.	21^{m3},737

Il faut y ajouter comme appartenant au réservoir :

	m cub.
Les deux conduites d'air des compresseurs formant une capacité de.	0,558
Les quatre espaces annulaires des boîtes à soupapes. . .	0,584
La conduite d'air depuis le réservoir jusqu'à la vanne qui l'isole de la conduite générale.	0,107
Ce qui donne un total de.	22,986

Avec le service actuel des machines à air établies à l'intérieur, cette capacité correspond à la consommation d'air d'une heure, ou à 60 fois la consommation par minute.

Les réservoirs d'air peuvent être isolés des compresseurs et de la conduite principale qui descend dans les travaux, par des vannes faciles à manœuvrer.

Pour faire connaître la pression de l'air dans les réservoirs on a établi dans la chambre des machines deux manomètres se contrôlant mutuellement. Pour se mettre en garde contre toute élévation de pression, on a placé sur la chaudière supérieure une soupape de sûreté à levier et contre-poids, s'ouvrant à la pression effective de 3^k,306 par centimètre carré (3,21 atmosphères). En outre, et pour le même objet, on a établi sur l'espace annulaire de chaque boîte à soupapes des compresseurs, une petite soupape à charge directe qui s'ouvre aussitôt que la pression dépasse 3 atmosphères (3^k,090 par centimètre carré).

Appareils pour l'évacuation de l'eau en excès. — Pour se débarrasser de l'eau qui est continuellement entraînée dans la conduite et le réservoir, et pour la renvoyer dans le réservoir à eau froide, il y a deux appareils automatiques que nous désignerons sous le nom de *retours d'eau.* Ils

servent, l'un à l'eau qui s'accumule dans les poches à eau des compresseurs et l'autre à l'eau entraînée jusque dans le réservoir.

Ces appareils, construits par Schäfer et Budenberg de Magdebourg pour purger des eaux de condensation des conduits de vapeur, sont représentés en coupe à la planche X, *fig.* 8. Ils consistent en un flotteur *aa* en cuivre, ouvert par le haut, qui se meut dans un vase en fonte *dd* fermé par un couvercle vissé et dont le mouvement détermine au moyen de la tige *b* le jeu d'une soupape à double siége.

L'eau arrivant en *e* s'accumule dans l'espace annulaire *dd*, le *flotteur aa* se lève et ferme la soupape; mais l'eau continuant à arriver déborde au-dessus du flotteur, y tombe et le fait redescendre : la soupape se rouvre donc et la pression de l'air agissant sur l'eau introduite dans le flotteur l'en expulse par le tuyau central *ff*. Cette eau traversant la soupape *c*, va, par *g* et le tuyau qui en part, jusqu'au réservoir à eau froide. Dès que le flotteur s'est vidé, il se soulève de nouveau, ferme la soupape et le jeu précédent recommence. Dans le flotteur même il reste toujours assez d'eau pour que l'extrémité du tuyau d'ascension soit fermée. Pour l'échappement de l'air, il y a à proximité du tuyau une petite ouverture *h*.

De temps en temps, il faut nettoyer l'appareil des saletés que l'eau y apporte : pour cela, après avoir fermé le robinet qui l'isole du réservoir ou des compresseurs, on défait la vis *o* et la bride *i*, puis on retire toute la soupape dont on nettoie la tige. L'arrêt nécessaire pour cette opération n'est pas de plus de dix minutes. Pour un nettoyage plus complet on peut au besoin dévisser le couvercle.

En général, ces appareils fonctionnent très-régulièrement et lorsque les compresseurs marchent normalement, l'eau entraînée s'échappe en un jet presque continu, de

telle sorte qu'on ne doit remplacer dans le réservoir à eau froide que l'eau perdue par l'évaporation.

Marche des compresseurs. — De même que dans les cylindres soufflants, la puissance des compresseurs est limitée par une certaine vitesse du piston, au delà de laquelle l'effet utile diminue. D'après les expériences faites avec nos compresseurs, la vitesse des plongeurs ne doit pas dépasser $0^m,785$ par seconde; au delà le mouvement du piston au milieu de l'eau et la rapide fermeture des soupapes donneraient lieu à des chocs très-préjudiciables à la durée des appareils.

Comme vitesse *maxima* pour les compresseurs d'Altenwald, on a atteint 18 tours par minute, soit pour une course de $1^m,255$, $0^m,753,6$ par seconde au piton. Le rapport des engrenages étant de 29 : 78 ou de 1 à 2,69, ces 18 tours de compresseurs correspondant à 48,42 tours de machine à vapeur.

Pour constater l'effet utile des compresseurs à différentes vitesses, on a fait à Altenwald, la série d'expériences suivantes : on fermait la vanne du tuyau conduisant l'air dans les travaux et on ouvrait la soupape du réservoir de manière à y établir la pression atmosphérique, puis on mettait la machine en marche jusqu'à ce qu'on eût amené l'air dans le réservoir à 3 atmosphères effectives. On comptait le temps et le nombre de tours nécessaires pour arriver à 1, 2 et 3 atmosphères. Ce nombre comparé au nombre de tours nécessaires pour engendrer le volume théorique qui produirait la pression obtenue, a permis de calculer l'effet utile.

Théoriquement, une pompe de $0^m,393$ de diamètre et de $1^m,255$ de course, débite à chaque course $0^{m^3},152,210$ d'air ; soit par tour et par pompe : $0^{m^3},304,420$. C'est donc pour les deux : $0^{m^3},608,840$ d'air à la pression atmosphérique. Pour obtenir dans le réservoir une pression de 1, 2 et 3 atmosphères effectives, il faut y injecter, en outre des

$22^{m^3},986,19$ qu'il contient déjà, $22^{m^3},986,19$ ou $45^{m^3},972,38$ ou $68^{m^3},958,57$ d'air à la densité atmosphérique. Ces volumes correspondent aux volumes théoriques engendrées par 37,75—75,51 et 113,26 tours de compresseurs ou 101,55—203,11 et 304,06 tours de la machine à vapeur.

En réalité les résultats obtenus sont les suivants :

Numéros des expériences.	TOURS par minute		NOMBRE de tours de machine nécessaires pour obtenir dans les réservoirs un excès de pression			LES COMPRESSEURS donnent donc un effet utile de		
	à la machine motrice.	aux compresseurs.	de 1 atm.	de 2 atm.	de 3 atm.	à 1 atm.	à 2 atm.	à 3 atm.
1	14,83	5,51	108	230	359	0,94	0,88	0,85
2	21,26	7,90	107	229	356	0,95	0,88,5	0,85,5
3	29,76	11,06	109	231	358	0,93	0,88	0,85
4	35,20	13,09	107	226	352	0,95	0,90	0,86,5
5	44,62	16,59	108	234	367	0,94	0,87	0,83
6	48,50	18,03	109	238	380	0,93	0,85	0,80

OBSERVATIONS.

Pendant les expériences 1, 2 et 3, aucune élevation de température ne s'est manifestee à la boîte à soupapes. Pendant l'expérience 4, l'afflux d'eau froide était plus faible que d'habitude; malgré cela la boîte à soupapes est restée froide. Pendant l'expérience 5, petit échauffement de la boîte à soupapes. Pendant l'expérience 6, échauffement très-sensible de la soupape de refoulement et de la boîte à soupapes.

Jusqu'à 35 tours de machine (correspondant à 13,09 tours de compresseurs) l'effet utile des compresseurs reste indépendant de la vitesse, et l'on atteint au moins 0,85 pour une pression effective de 3 atmosphères. A partir de là, la vitesse de la machine croissant, l'effet utile commence à décroître, et il n'est plus que de 0,80 pour la vitesse maximum de 48 tours de machine ou 18,03 de compresseurs.

Cette perte d'air de 15 à 20 p. 100 doit être attribuée en grande partie à l'excès d'eau froide, qui fait qu'à chaque course la quantité d'air aspirée reste inférieure à la quantité théorique, et il est certain qu'en réduisant l'excès d'eau froide à la quantité strictement nécessaire pour annuler l'espace nuisible, on élèverait de quelques centièmes l'effet

utile. Il convient de remarquer aussi qu'au moment des expériences, les soupapes fonctionnaient sans interruption depuis dix mois complets ; avec des soupapes neuves, on aurait, sans nul doute, des résultats plus favorables.

Actuellement la machine motrice marche normalement à 25 tours par minute; les deux compresseurs livrent par vingt-quatre heures dans ces conditions, en supposant un effet utile de 0,85, 1.736 mètres cubes d'air à 3 atmosphères effectives. Si l'on pousse la vitesse jusqu'à 48 tours, vitesse à laquelle les compresseurs peuvent encore marcher sans grand inconvénient, le volume d'air effectivement produit par les deux compresseurs s'élève, en nombre rond, à 3.100 mètres cubes par vingt-quatre heures à 3 atmosphères effectives, en admettant un effet utile de 0,80.

Quant au travail développé par les compresseurs, on voit que, lorsqu'on marche à 3 atmosphères effectives (4 atmosphères totales), la pression *maxima* est obtenue dans le compresseur, lorsque le piston a atteint les trois quarts de sa course; jusque-là, la résistance que le piston a à vaincre va en croissant, puis, à ce moment, la soupape de refoulement s'ouvre et la pression demeure invariable, jusqu'à la fin de la course. Cette observation montre que le travail d'un compresseur est complétement analogue à celui d'une machine à vapeur à détente, ayant même diamètre de piston, même course, marchant à 3 atmosphères effectives et admettant pendant le quart de la course.

Or, en appliquant les formules qui donnent le travail d'une machine à vapeur marchant dans ces conditions, de même diamètre et de même course que les compresseurs, on trouve que le travail théorique développé par une pareille machine serait de $9^{ch},32$. Le travail théorique absorbé par la compression même de l'air est donc ainsi de $9^{ch},32$.

Un compresseur comme ceux dont il est question donne théoriquement par minute :

$$\frac{25}{2,69} \times \frac{0^{m3}.304.420}{4} = 0^{m3},707.420$$ d'air à 3 atmosph. effectives,

ce qui correspond à un travail de 4,79 chevaux, soit seulement 0,51 de la force nécessaire à sa production.

Pour vaincre les résistances passives et les frottements, il faut compter encore en outre des 9,32 chevaux employés, environ 25 p. 100, de telle façon qu'à la vitesse donnée plus haut, un compresseur absorbe pour son service 11,50 chevaux effectivement utilisés, et les deux compresseurs ensemble 23,30 chevaux.

La machine à vapeur développe, comme nous l'avons remarqué plus haut, en marchant à vingt-cinq tours par minute une force de 54,27 chevaux; il reste donc (en admettant un effet utile de 0,50) $54,27 - 2 \times 23,30 = 7,67$ chevaux pour mettre en mouvement le tour et la machine à forer.

Capital de premier établissement et frais d'entretien. — L'ensemble des frais de premier établissement des compresseurs d'Altenwald s'établit comme suit :

	francs.
Bâtiment de la machine	13.372,50
Machine à vapeur	12.000,00
Deux compresseurs	21.000,00
Transmission, conduite à l'intérieur du bâtiment, bâche à eau froide, retours d'eau, manomètre, etc.	8.576,25
Tuyaux à vapeur et conduite d'eau froide extérieure aux bâtiments	813,75
Réservoir d'air avec sa garniture, la vanne et la conduite d'air jusqu'à la vanne	3.843,75
Total	59.606,25

Si l'on compte l'intérêt de cette somme à 5 p. 100 et qu'on y ajoute pour l'amortissement 3 p. 100 du coût du bâtiment et 5 p. 100 du reste des dépenses,

	francs.
On a pour dépenses annuelles d'intérêt et d'amortissement	5.693,13
Ou par mois	474,38

Les dépenses courantes d'entretien, comprenant une part des dépenses faites pour la production de la vapeur qui sert aussi à d'autres machines, se sont élevées pendant le premier trimestre 1868 à 2.306 francs ainsi répartis :

	francs.
1° *Salaires* :	
Conduite des machines	540,00
Conduite des chaudières	117,00
Réparation des chaudières et machines	58,125
Somme	715,125
2° *Matières consommées* :	
Pour graissage, garnitures et joints	126,46
Charbon consommé sous les chaudières	1.406,23
Divers. — Éclairage. — Nettoyage de chaudières	58,16
Somme	1.590,85
Soit total égal	2.306,00

C'est par mois une dépense de 768f,66 pour l'entretien seul. En marchant d'une manière continue et en produisant journellement 1.736 mètres cubes d'air comprimé, le prix de revient de la compression de l'air s'élèverait à 0f,015 par mètre cube du chef des frais journaliers et, avec intérêts et amortissement, au plus à 0f,025.

A la vérité, on a toujours jusqu'à présent dépassé ce chiffre et de beaucoup, la consommation d'air actuelle, n'ayant pas encore atteint par jour les 1.736 mètres cubes dont il a été question plus haut, et les dépenses d'entretien et de production devant, par suite, être réparties sur une quantité d'air beaucoup moindre.

II. — Distribution de l'air comprimé.

La distribution de l'air aux machines souterraines se fait par une maîtresse conduite en fonte de 157 millimètres de

diamètre intérieur, de laquelle se détachent de nombreux branchements en fonte aussi, et de 79 millimètres de diamètre.

La maîtresse conduite est établie, du réservoir à la margelle du puits Gegenort-Schacht, dans un canal maçonné; elle descend par le puits lui-même jusqu'à l'envoyage et va de là au travers-banc principal (n° 1) de cet étage. L'ensemble de la conduite présente un développement de 253^{m},18

dont 83^{m},70 au jour,
152^{m},74 dans la colonne du puits,
16^{m},74 dans la galerie de communication qui relie le puits au travers-banc.

Des trois branches qui partent de la maîtresse conduite, l'une descend dans le puits même et alimente les machines perforatrices; sa longueur actuelle est de 53^{m},35; les deux autres se détachent de l'extrémité de la conduite principale dans le travers-banc du premier niveau, et vont dans cette galerie :

L'une au nord, jusqu'à l'envoyage du puits Eisenbahnschacht, n° 2, où elle alimente un treuil à air comprimé et une pompe; sa longueur est de 562^{m},85.

L'autre au midi, jusqu'à la voie de fond de la couche Eugène (n° 5, Oberbank), voie qu'elle suit jusqu'au sommet d'une vallée, à la tête de laquelle est installé un treuil à air. Sa longueur totale est de 125^{m},54. Ces deux branches se relient à la conduite principale par un tuyau à trois tubulures, et chaque branche porte un robinet de vidange.

Tous les tuyaux de la conduite sont essayés avant la mise en place; ceux de la conduite principale sont soumis sous l'eau à une pression d'air de 10 atmosphères, ceux des conduites secondaires ne sont essayés qu'à 3 atmosphères, mais toujours sous l'eau. Les uns et les autres sont

en outre essayés à la presse hydraulique sous une pression de 15 atmosphères.

La longueur de chaque tuyau est uniformément de	1m,88
ou de	3,14
Les coudes sont à angle droit avec côtés de	0,47
Les tuyaux à trois tubulures ont	0,63
de longueur avec tubulure latérale de	0,16
de longueur.	

Le joint est formé d'un anneau de caoutchouc qu'on interpose entre les deux tuyaux dont les collets sont pourvus l'un d'une saillie et l'autre d'une rainure de 15mm,5 de largeur et de 6mm,5 de profondeur. Les collets sont tournés avec leur saillie, la rainure est creusée au tour, et ses deux arêtes sont taillées en ciseau pour mieux recevoir l'anneau de caoutchouc.

Aucune disposition n'a été prise pour compenser les trop grandes différences de températures, mais toutes les parties horizontales de la conduite, tant au fond qu'au jour, reposent sur des rouleaux en fer mobiles, de telle façon qu'un léger mouvement horizontal se trouve possible dans de certaines limites. De même, dans le puits, les étriers de suspension permettent une dilatation verticale de la conduite. Au jour, les rouleaux sont placés sur des dés en pierre; dans le fond, ils sont enfilés sur des crochets de suspension au moyen desquels la conduite est fixée au boisage. Les étriers du puits consistent en deux demi-cercles réunis par un boulon et comprenant entre eux le tuyau; ils sont fixés dans le boisage, et tout en maintenant la conduite, ils lui permettent de se mouvoir dans le sens vertical.

Pour recueillir l'eau entraînée qui se condense dans les tuyaux et s'en débarrasser, on a établi sur la conduite principale au premier niveau, une *poche à eau* qui est pourvue, à sa partie inférieure, d'un robinet de vidange. Mais, en

général, il n'y a dans la conduite aucune accumulation d'eau.

Si l'on admet que l'air ait à l'intérieur des tuyaux une vitesse de 3m,14 par seconde, ou 188m,40 par minute, on trouve pour le volume théorique débité par la maîtresse conduite : 3m³,651 par minute; le débit des branches secondaires serait de 0m³,915.

Avec la pression effective de 3 atmosphères, on pourrait parfaitement porter la vitesse de l'air à 4m,710 et même à 6m,280 par seconde, sans exagérer les résistances dues au frottement.

Mais on n'en est pas encore là; car, alors même que toutes les machines actuellement installées au fond travailleraient ensemble, cas qui ne se présente jamais plus d'une minute de suite, et qu'on aurait en service un plus grand nombre de perforateurs, il ne passerait par minute que 4m³,092 dans la conduite principale et que 1m³,240 dans les conduits secondaires; or ces volumes ne correspondent qu'à une vitesse de 3m.516 dans la maîtresse conduite et de 4m,270 dans les conduites secondaires.

Si l'on prend la quantité d'air actuellement livrée par les compresseurs (environ 1.736 mètres cubes par 24 heures), on trouve que la vitesse moyenne dans la maîtresse conduite n'est que de 1m,0048 par seconde.

Pour ce qui concerne les pertes de pression dans la conduite, des expériences répétées, faites lorsque la température extérieure différait peu de la température intérieure, soit en arrêtant complétement les compresseurs et les machines à air, soit peu de temps après la marche de ces dernières, n'ont pas donné de différences notables entre la pression au jour, dans le réservoir, et la pression à 628 mètres de là, à l'extrémité de la conduite. Cela prouve que les joints sont parfaits.

Il y a comme toujours une légère perte de pression causée par le frottement. Les expériences précises, faites au mont

Cenis pour la constater, ont montré que cette perte de pression était entièrement indépendante de la pression de l'air, qu'elle était proportionnelle à la longueur de la conduite et en raison inverse de la section. Si l'on calcule, pour le cas présent, la perte de pression due au frottement, en se servant des résultats numériques obtenus au mont Cenis, on voit qu'elle doit être de $0^m,001$ de mercure pour les $253^m,180$ de maîtresse conduite, dont le diamètre est de $0^m,157$ et dans laquelle la vitesse d'écoulement est de $1^m,005$. Elle serait de $0^m,045$ pour les $562^m,85$ de conduite secondaire à $0^m,079$ de diamètre, en supposant une vitesse d'écoulement de $3^m,14$; ce serait donc, à l'extrémité de la conduite, une perte totale de $0^m,046$. Mais cette perte de pression est en partie compensée par l'accroissement de pression que donne le poids de la colonne d'air dans le puits. D'après les calculs de M. Devillez, on trouve dans le cas présent, pour une colonne d'air de $152^m,72$ de hauteur, une augmentation de pression de $0^m,042$ de mercure. Si l'on retranche cet accroissement de pression de la perte calculée ci-dessus, il ne reste pour perte totale, du réservoir à l'extrémité de la conduite, que $0^m,004$ de mercure, perte sans importance.

La capacité totale de la conduite d'air représente un volume d'air de :

pour la maîtresse conduite.	$4^{m3},909$
pour les branches secondaires.	$3^{m3},597$
C'est un total de.	$8^{m3},506$
qui ajouté aux.	$22^{m3},986$
du réservoir au jour, forment un ensemble de.	$31^{m3},492$

Ce volume suffit parfaitement pour compenser les plus grandes variations qui puissent se produire entre la production et la consommation de l'air comprimé.

Les dépenses faites pour l'établissement de la conduite telle qu'elle est maintenant sont les suivantes :

1° *Conduite principale :*	francs.
253m,18 de tuyaux en fonte de 157 millim.	4.350,00
Établissement du canal maçonné au jour.	990,00
Pose de tuyaux, y compris les supports et les joints. .	1.222,50
	6.562,50
2° *Conduite allant aux perforateurs :*	
53m,36 de tuyaux de 79 millim.	431,25
Pose et fournitures.	67,50
	498,75
3° *Conduite allant au treuil à air de la couche Eugène :*	
125m,54 de tuyaux de 79 millim.	866,25
Pose et fournitures.	656,25
	1.522,50
4° *Conduite allant au treuil à air et à la pompe d'Eisenbahnschacht :*	
562m,85 de tuyaux de 79 millim.	3.918,75
Pose et fournitures.	1.627,50
	5.546,25
La dépense totale est de.	14.130,00

D'après cela, on voit que le prix du mètre de conduite est :

Pour la conduite principale de.	25f,92
Pour la conduite secondaire de.	10f,20

En admettant 10 p. 100 d'intérêt et d'amortissement annuels, on trouve une dépense mensuelle de :

	francs.
Pour la maîtresse conduite.	54,68
Pour la conduite des perforateurs.	4,15
Pour celle du treuil à air d'Eugène.	12,69
Pour celle d'Eisenbahnschacht.	46,22
Pour toute la conduite.	117,74

C'est-à-dire moins de 1/4 de centime par mètre cube pour la production journalière des 1.736 mètres cubes d'air comptés plus haut.

III. — Emploi de l'air comprimé.

Le principal emploi de l'air comprimé devait être, d'après le plan primitif, l'alimentation de perforateurs mécaniques. Mais actuellement ces derniers ne consomment que la moindre partie de l'air envoyé au fond, la majeure partie étant consacrée à l'alimentation de deux treuils à air et d'une petite machine à élever l'eau. Les quantités d'air respectivement consommées par chacune de ces machines ont été les suivantes en février et mars, mois pendant lesquels toutes étaient en service normal :

	AIR consommé.	FRACTION de la consommation totale.
	m^3	
Perforateurs de Gegenortschacht pour 660 trous de mine ayant consomme environ $4^{m3},60$ par trou. . .	3.273,600	12,2
Treuil à air de la couche Eugène pour 1.388 voyages de déblais et d'eau consommant $2^{m3},635$ d'air par voyage.	3.657,380	13,6
Treuil à air d'Eisenbahnschacht pour 11.076 tonnes, consommant $1^{m3},612$ par tonne	17.854,512	66,4
Pompe du même puits pour 2.587 caisses d'eau, consommant $0^{m3},801$ par caisse.	2.085,112	7,8
Consommation totale.	26.870,614	100.0

La consommation moyenne par vingt-quatre heures a été de $447^{m3},857$, ou mieux de $537^{m3},416$, si l'on ne compte que les jours de travail effectif (50).

Ce n'est pas le tiers du volume d'air que les compresseurs peuvent facilement produire (1.736 mètres cubes) en vingt-quatre; il est donc clair qu'en étendant l'emploi de l'air comprimé par l'application des perforateurs mécaniques à l'approfondissement des puits Eisenbahnschacht I et II, et au creusement des travers-bancs du second niveau, on diminuera ses frais de production, ce qui rendra son emploi beaucoup plus avantageux au point de vue argent.

Donnons maintenant en détail le travail des perforateurs ainsi que les résultats obtenus.

Perforateurs mécaniques.

Les perforateurs employés à Altenwald, ont été construits dans les ateliers de Sievers et compagnie, d'après le système de M. Sachs, inspecteur des machines de la Vieille-Montagne : ils sont analogues aux derniers qui ont été construits à la Vieille-Montagne pour marcher à haute pression. La description détaillée de cet appareil ayant déjà été publiée (*), nous nous bornerons à indiquer les traits principaux de ce perforateur, et à expliquer les perfectionnements qui y ont été apportés.

Disposition de la machine. — La machine de Sachs est un perforateur à percussion analogue à celui de Sommeiller (actuellement employé au mont Cenis) et à celui de Schuman qui a été longtemps employé à Freiberg. En marche, il produit trois mouvements distincts :

1° Un mouvement de va-et-vient du fleuret;

2° Un mouvement de rotation du fleuret dans le trou de mine ;

3° L'avancement en masse de l'appareil, au fur et à mesure de l'approfondissement du trou.

Tous ces mouvements sont automatiques.

Le fleuret est claveté dans la tige antérieure du piston qui est poussé alternativement, chassé en avant et ramené en arrière par l'air comprimé, dont l'admission dans le cylindre est réglée par un tiroir à coquille ordinaire. Ce tiroir prend son mouvement sur une tige de faible diamètre placée à l'arrière du piston, et le coup de fleuret se produit pendant la marche en avant, de même que l'action prin-

(*) Je me propose de donner le dessin du perforateur de Sachs, en publiant la traduction du mémoire de cet ingénieur sur le percement des galeries.

cipale du piston, tandis que dans la marche en arrière, il n'y a qu'à ramener le fleuret et le piston à fond de course; c'est pourquoi on a donné à la face postérieure du piston une surface presque double de celle d'avant, en faisant la tige antérieure de diamètre beaucoup plus fort que la tige postérieure.

La rotation du fleuret se fait pendant la course en arrière; elle est obtenue au moyen d'une roue à rochet qu'un mécanisme particulier établi à l'arrière du cylindre, fait tourner d'une dent après chaque coup de fleuret. Cette roue à rochet est calée sur la boîte à étoupe du couvercle postérieur du cylindre, boîte à étoupe qui porte intérieurement une rainure longitudinale dans laquelle passe une cale fixée sur toute la longueur de la tige postérieure du piston. De cette façon, pour chaque dent de rochet qui avance, la boîte tourne en entraînant avec elle le piston et le fleuret, sans empêcher en rien leur mouvement longitudinal.

La plus grande difficulté consistait à faire avancer toute la machine au fur et à mesure de la pénétration du fleure dans la roche. Dans l'appareil Sommeiller, il y a pour cela une machine spéciale ; dans les machines primitives, c'étaient les ouvriers eux-mêmes qui faisaient avancer l'appareil; c'est Sachs qui le premier a fait donner ce mouvement au perforateur par la machine elle-même.

A cet effet il y a à l'arrière du cylindre, sur l'une des barres rondes formant le cadre du perforateur, une roue à rochet qui est fixée sur une douille terminée par un écrou en deux parties réunies par une charnière qu'on tient fermée pendant la marche de la machine; cet écrou avance à chaque dent du rochet sur la barre filetée du cadre. Le mouvement est donné à la roue à rochet par un mécanisme analogue à celui qui détermine la rotation, et prenant comme lui son mouvement sur la tige d'arrière du piston. L'avancement n'a lieu que lorsque le piston fait sa course pleine. Lorsqu'il faut changer un fleuret pour le remplacer

par un plus long, on ouvre l'écrou à charnière, et le cylindre se trouve libre alors de reculer sur son cadre, de toute la longueur nécessaire pour mettre le nouveau fleuret; puis on referme l'écrou et, au moyen d'une vis, on le rend solidaire de la douille de la roue à rochet.

Les perforateurs d'Altenwald sont construits pour marcher à 3 atmosphères effectives, mais ils peuvent fonctionner sans aucun danger à une pression beaucoup plus haute. Le diamètre du piston est de $0^m,066$, sa course de $0^m.132$, le diamètre de la tige antérieure de $0^m,046$, celui de la tige postérieure de $0^m,020$; le nombre des pulsations doubles par minute est de 300.

A l'exception du cylindre, du tiroir, des boîtes à étoupe et des roues à rochet, qui sont en bronze, toutes les autres parties de la machine sont en acier nerveux; les écrous et les clavettes sont maintenus par des goupilles. Comme garniture, on a tourné, dans le piston et dans les boîtes à étoupe, des rainures qui forment un joint très-suffisant. Le piston est, de cette façon, si facile à mouvoir, qu'à la main et sans effort, on peut le faire avancer et tourner. C'est de la même manière que le couvercle du tiroir appuie sur lui : de cette façon on réduit au minimum le frottement. Les conduits qui amènent l'air de la boîte à tiroir au cylindre, n'aboutissent pas tout à fait au fond de ce dernier, l'espace nuisible se trouve ainsi augmenté et constitue un véritable matelas d'air qui empêche le choc du piston contre le fond du cylindre.

La rotation complète du piston et du fleuret a lieu après 30 coups de piston ; à chaque coup le piston tourne donc de 12 degrés. Il faut 21 courses pleines pour que le cylindre avance sur son cadre d'un pas de la vis filetée sur la barre de droite. Ce pas est de $0^m,0065$. En marche normale, l'avancement du cylindre, et par suite l'approfondissement du trou est de $0^m,066$ environ par minute dans

une roche tendre, et de $0^m,040$ à $0^m,027$ au moins dans une roche très-dure.

Le poids total de ce perforateur perfectionné est de 48 kilogrammes, non compris le fleuret; le poids des anciens appareils de la Vieille-Montagne était de 84 kilogrammes, celui des perforateurs du mont Cenis est de 200 à 300 kilogrammes. On voit donc qu'au point de vue de la facilité des manœuvres et du transport dans les travaux où la place est toujours très-limitée, les perforateurs d'Altenwald sont bien supérieurs aux autres.

Fleurets. — Les fleurets sont entièrement en acier rond, et à tranchant demi-circulaire. L'usure latérale de ce tranchant est très-rapide, aussi doit-on recommander à sa place, au moins pour les roches dures, le tranchant en Z du mont Cenis et de la Vieille-Montagne. Il est plus avantageux malgré le temps et les soins qu'exige son entretien.

On fait usage de 4 jeux de fleurets dont les poids et les dimensions sont donnés ci-dessous :

Numéros.	LONGUEUR.	DIAMÈTRE du corps.	LARGEUR des tranchants.	POIDS.
	millim.	millim.	millim.	kilog.
1	314	32,7	41,42	2,00
2	471	30,52	38,15	2,875
3	628	28,34	35,97	3,500
4	785	28,34	33,79	4,375

En général, on se sert pour chaque trou des nos 1 et 2; dans les roches très-dures, on emploie les trois premiers numéros, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on a recours au n° 4.

L'affûtage du tranchant demande le plus grand soin : chaque tranchant doit être cintré au tour et présenté ensuite à un gabarit. Si l'on néglige ces précautions, on s'expose à ce que le fleuret se coince dans le trou, et l'on perd beaucoup de temps et de peine à le dégager.

Pour fixer le fleuret sur la tige du piston, celle-ci porte un manchon en fer dans lequel s'engage l'extrémité carrée du fleuret sur une profondeur de 53 millimètres, et l'assemblage est fait par une clavette qui traverse le manchon et le fleuret. Mais le logement de la clavette affaiblit beaucoup la tige du piston qui se rompt souvent en ce point. Pour remédier à cela, on essayera de faire l'assemblage avec un écrou à deux filets inverses, vissé d'une part sur le fleuret et de l'autre sur la tige du piston.

Affût. — Pour employer les perforateurs au creusement des travers-bancs, il faut un affût qui permette de fixer ces appareils dans des positions et des directions très-variées.

L'affût de Dœring, construit à cet effet, se compose d'une plate-forme à quatre roues qui porte en avant une colonne fixée avec des coins à la couronne de la galerie. Sur cette colonne glisse un manchon qui porte perpendiculairement à lui un manchon horizontal dans lequel glisse un axe à l'extrémité duquel est fixé le perforateur.

A l'arrière de la plate-forme est une caisse à outils et un réservoir d'eau pour l'arrosement des trous en forage. Cet affût remplit parfaitement son but comme affût, mais il présente le grave inconvénient d'obstruer entièrement la galerie et de peser le poids énorme de 1.200 kilogrammes. Pour le creusement des travers-bancs du deuxième niveau d'Altenwald, on étudie en ce moment des modifications qui feront disparaître ces inconvénients.

Pour l'approfondissement des puits, Sievers et Cie ont construit un autre affût qui a été expérimenté à Gegenortschacht. Cet affût consiste en un trépied analogue à ceux qu'on emploie dans les levers de plans, trépied dont le perforateur avec les deux longrines de son cadre forme l'un des pieds et dont les deux autres pieds sont formés par deux barres solidaires qui s'assemblent à boulons sur la traverse d'arrière du perforateur : le tout est solidement maintenu sur le sol par un poids suspendu dans l'axe du trépied.

Quoique fort simple, ce support n'a pas donné de bons résultats : même en y suspendant un poids de 75 à 100 kilogrammes, il n'offrait pas assez de stabilité pour amortir les trépidations de l'appareil. Dès les premiers jours de la mise en service des perforateurs, les ouvriers rejetèrent le support et maintinrent l'appareil avec les mains dans toutes les directions voulues : pour lui donner la fixité, ils s'appuyaient dessus avec la poitrine.

Malgré l'efficacité de cet expédient, il est fort à souhaiter qu'on trouve un affût plus parfait qui permette d'économiser un des deux hommes qui sont actuellement nécessaires pour le service de chaque perforateur.

Emploi des perforateurs et résultats obtenus.

Les perforateurs ont jusqu'ici été employés à Altenwald, exclusivement à l'approfondissement du puits Gegenortschacht. C'est la première application qu'on en fait sur une grande échelle à l'approfondissement des puits; les expériences et les résultats consignés plus loin méritent donc grand intérêt.

Pour le puits en question, il s'agissait de l'approfondir de 62m,77 depuis le niveau actuel qui est à 152m,74 jusqu'au second niveau projeté.

La section du puits est de 6m,38 sur 2m,62, soit en mètres carrés. 16m²,71
Au commencement de juillet 1867, date de la mise en train des perforateurs, on avait déjà creusé à la main. 16m,22
Le reste a été fait à la machine, et on était, en mars 1868, à. 61m,73
Au-dessous du premier niveau, on avait donc fait par les moyens mécaniques. 45m,51
en neuf mois.

Les terrains traversés consistaient en bancs d'une inclinaison moyenne de 30 à 32 degrés présentant les alternances suivantes :

	mèt.
Schistes	8,37
Grès houiller	4,71
Schistes et houille	3,14
Schistes	6,54
Conglomérat comprenant un banc de schiste quartzeux.	10,72
Schiste et houille	22,49
Grès houiller	1,83
Conglomérat	3,92
Total	61,72

Le schiste recoupé est une roche assez tendre, plus ou moins aquifère : au voisinage des couches, il devient plus finement feuilleté, et passe au schiste bitumineux. Toujours plus dur à cause du quartz qu'il renferme, le grès houiller, qui est plus fissuré et plus aquifère, se brise en petits morceaux.

C'est lui qui constitue le conglomérat proprement dit, grès à grains moins fins, formant une masse compacte de cailloux plus ou moins gros, agglutinés par un ciment quartzeux argileux, ou ferrugineux très-dur. Cette roche est de beaucoup la plus défavorable pour le travail au fleuret.

Le personnel de Gegenortschacht se composait pendant le travail à la machine, exactement comme pendant le creusement à la main de : douze piqueurs et deux rouleurs pour une période de vingt-quatre heures de travail; les rouleurs servaient exclusivement à l'enlèvement des terres élevées jusqu'au premier niveau d'exploitation par la machine d'extraction. Les piqueurs ne travaillaient que huit heures, tandis que les rouleurs faisaient des postes de douze heures dans le puits, il y avait toujours quatre piqueurs travaillant ensemble, par poste : de ces quatre hommes, l'un était presque exclusivement occupé à remplir la tonne de déblais ou d'eau, le deuxième travaillait tout le temps au fleuret à main et les deux autres conduisaient le perforateur, mais de temps en temps travaillaient aussi à la manière ordinaire.

Au commencement, on essaya de travailler dans le puits avec deux perforateurs; mais la place se trouva trop resserrée, d'autant plus que, comme on ne pouvait extraire qu'avec une seule tonne, il fallait enlever les déblais et l'eau pendant le temps même qu'on battait les mines à la machine. S'il y avait eu possibilité de mettre rapidement de côté les roches produites par les coups de mine comme on le faisait à Altenberg dans le creusement des galeries, il aurait été facile, en répartissant autrement le travail entre les ouvriers, de travailler avec deux perforateurs, ce qui eût donné des résultats bien autrement avantageux. Mais dans les conditions où l'on se trouvait, il fallait se contenter de travailler constamment avec un seul perforateur.

La conduite d'air s'arrêtait toujours à un planchage qu'on maintenait à 4 ou 6 mètres du fond du puits. A l'extrémité de cette conduite était fixé un tuyau en caoutchouc aboutissant à un réservoir d'air placé sur le même planchage. Ce réservoir portait quatre robinets à chacun desquels *était* adapté un tuyau en caoutchouc de $0^m,052$ de diamètre conduisant l'air à chaque machine. La longueur de ce tuyau était de $6^m,277$, et son extrémité venait s'assembler sur le robinet, qui règle l'admission de l'air dans la boîte à tiroir. Pour pouvoir fermer le tuyau en caoutchouc sans avoir à chaque fois à fermer le robinet qui se trouve sur le réservoir, le tuyau porte un autre robinet à son extrémité.

Sur le même planchage que le réservoir à air, se trouve une caisse à eau qui, au moyen d'un tuyau terminé par une lance, injecte de l'eau dans le trou de mine pour en chasser les poussières. C'est un réservoir cylindrique en tôle portant d'un côté un certain nombre de robinets pour les tuyaux à eau, et de l'autre un robinet recevant l'air du réservoir d'air au moyen d'un tuyau en caoutchouc, avec un second robinet pour l'échappement de l'air, et un grand entonnoir qu'on peut fermer au moyen d'un robinet. Lorsque le réservoir a été rempli d'eau, on ferme le robinet de l'en-

tonnoir et celui qui sert à l'échappement de l'air, on ouvre au contraire le robinet d'arrivée de l'air comprimé, qui, agissant sur l'eau, la chasse par le tuyau à lance dans le trou en forage. Pour entretenir le réservoir plein, on remplit l'entonnoir avec les eaux du puits qui sont recueillies dans un réservoir dont on ouvre le robinet au moyen d'un levier relié au robinet de l'entonnoir.

Les tuyaux à eau sont en caoutchouc de $0^{m}.020$ de diamètre, et se terminent par une lance en métal qui est munie d'un robinet.

Le travail au perforateur est conduit comme suit :

Lorsque la place du trou est déterminée, on commence par le préparer avec un fleuret ordinaire; on pratique de chaque côté, et à distance convenable, de petites entailles destinées à recevoir l'extrémité des longrines qui forment le bâti du perforateur, puis l'ouvrier qui doit tenir l'appareil pendant tout le creusement du trou, le met en place et lui donne la direction commandée par celle que le trou doit avoir. Le second ouvrier, qui conduit la machine et l'injection d'eau, ouvre alors le robinet d'admission d'air et le travail mécanique commence. Lorsque le premier fleuret a creusé toute sa longueur, on ferme le robinet d'admission d'air, on remonte le cylindre du perforateur en ouvrant l'écrou à charnière qui détermine l'avancement, on met un fleuret plus long, on nettoie les filets de la longrine sur laquelle on assujettit le cylindre en fermant l'écrou d'avancement et l'on se remet en marche jusqu'à ce que le deuxième fleuret ait aussi pénétré de toute sa longueur. Rarement on a besoin d'avoir recours à un troisième ou à un quatrième fleuret ; dans la plupart des cas on peut creuser des trous de $0^{m},52$ à $0^{m},58$ en prenant pour second fleuret le fleuret n° 3. C'est très-exceptionnellement qu'il est nécessaire de forer des trous de $0^{m},68$ à $0^{m}.73$ qui exigeraient l'emploi du fleuret n° 4.

Souvent pendant le battage avec le premier fleuret, sur-

tout dans les roches fissurées, ou bien lorsque celui qui tient le perforateur ne le maintient pas dans une direction invariable, le fleuret reste engagé. Dans ce cas, sans fermer l'admission de l'air, on frappe légèrement sur le fleuret en essayant de le faire tourner au moyen d'une clef; mais c'est toujours là une cause de grande perte de temps, et ces sortes d'accidents peuvent obliger à abandonner un trou commencé. Le battage avec le second fleuret est toujours plus régulier et plus rapide : la profondeur du trou déjà creusé ne permettant plus à l'appareil de changer aussi facilement de direction, le fleuret reste rarement engagé.

Le temps moyennement employé pour creuser un trou de $0^m.52$ à $0^m.58$ dans des grès de dureté moyenne est de vingt-cinq minutes ainsi réparties :

Mise en place du perforateur, nettoyage et graissage du pas de vis, préparation du trou	5	minutes.
Forage des 26 premiers centimètres avec le premier fleuret, y compris la perte de temps pour engagement du fleuret ou autre accident	10	—
Changement de fleuret	2	—
Achèvement du trou avec le 2e fleuret (forage de 26 à 32 millim.) et enlèvement de la machine	8	—
Total	25	minutes.

Dans les schistes, ce temps se réduit de cinq à huit minutes; dans le conglomérat, il augmente d'autant.

Lorsqu'il ne survient aucun accident par bris de machine ou autre cause, et que tout le temps est employé au battage, la machine peut faire, par poste de huit heures,

Dans les schistes	24	trous.
Dans les grès	19	—
Dans le conglomérat	15	—

Ce sont des trous de $0^m.55$ de profondeur moyenne.

Un homme, dans les mêmes conditions, et en y mettant toutes ses forces, ne ferait pas plus de cinq, trois et deux trous de 0m.42 à 0m.47 de profondeur.

La nécessité qu'il y a, au commencement de chaque poste, d'enlever les déblais produits par les mines précédentes, et, à la fin du poste, de bourrer les mines et de les faire sauter, ainsi que les fréquentes irrégularités qui surviennent dans l'extraction et l'épuisement, réduisent le temps réellement occupé au forage à cinq heures au plus par poste; le travail effectif du perforateur par poste est donc beaucoup moindre que celui dont il est capable. A cela il faut ajouter que la machine ne peut être appliquée avec toute facilité pour les ouvriers que sur le fond du puits et dans le milieu ; sur le pourtour on doit toujours faire les trous à la main. Cela oblige les deux hommes qui font habituellement le service du perforateur à l'abandonner de temps en temps pour travailler à la main.

Pour les puits de grandes dimensions et particulièrement pour les puits ronds, on pourrait forer à la machine la plupart des trous et le travail à la main ne serait plus qu'exceptionnel. Dans des cas de ce genre, on pourrait employer simultanément deux machines ou plus, et il est hors de doute qu'on obtiendrait un effet utile double ou triple de celui qu'on obtient dans des puits rectangulaires et resserrés comme celui de Gegenortschacht.

Une très-grande augmentation de l'effet utile des perforateurs peut être obtenue en employant des trous plus profonds. Tandis que dans le travail à la main, le travail devient de plus en plus long et difficile à mesure que le trou s'approfondit, c'est l'inverse qui se produit avec le perforateur : plus le trou est profond, plus le forage est régulier et rapide, le trou lui même servant de guide au fleuret et l'empêchant ainsi de s'engager. Si l'on condidère en outre que le commencement du trou demande très-souvent plus de temps et de peine que tout le reste du fo-

rage, il est clair que l'on pourrait économiser beaucoup de temps et rendre beaucoup plus avantageux l'emploi de la machine, si l'on pouvait obtenir le même effet avec des trous peu nombreux, mais très-profonds, qu'avec des trous nombreux et peu profonds comme aujourd'hui.

Nobel de Hambourg, affirme que l'huile explosible trouvée par lui, aussi bien que la dynamite employée à sa place, introduite dans un trou de mine foré verticalement au milieu des roches massives, les fait toujours sauter sous un angle de 45°. D'après Nobel, en employant une charge suffisante de matière explosible, on peut faire un trou assez profond pour que le cône de rupture dont le trou de mine est l'axe, atteigne la surface libre de la masse. Ainsi, par exemple, dans un puits de $3^m,14$ de côté, on pourrait ne forer qu'un seul trou de $1^m,57$ de profondeur dans l'axe du puits. On doit faire des recherches dans ce sens avec la dynamite au puits Puttlinger dans le district de Gerhard-Prinz-Wilhelm. Si les résultats de ces expériences répondaient à ce que l'on en attend, il en résulterait pour le travail mécanique un nouvel avantage qui donnerait aux perforateurs une immense supériorité sur les outils à main.

En gros et en détail, pendant les neuf derniers mois écoulés, la proportion des trous forés à la main et des trous faits à la machine a été de 4 à 7. Le perforateur faisait en moyenne par vingt-quatre heures, dans les schistes dix-huit trous, dans les grès douze et dans les conglomérats 10 trous. Le maximum atteint par jour a été, dans chacun de ces cas, 24, 18 et 17 trous.

Toutes les mines forées à chaque poste, tant à la main qu'à la machine, étaient allumées simultanément à la fin de chaque poste au moyen de la machine électrique d'Abeg.

Il va de soi qu'avant de mettre le feu, on remontait sur un plancher de retraite les tuyaux à air et à eau, le perforateur et tout l'outillage. Pendant le changement de poste

la fumée de poudre avait le temps de se dissiper de telle sorte que les mineurs du poste suivant pouvaient, aussitôt arrivés, se mettre a déblayer le fond du puits.

L'air employé dans le perforateur s'échappant librement de la boîte du tiroir, maintient constamment sur le lieu du travail une ventilation excellente; cela rend le travail à la machine beaucoup moins fatiguant que le travail fait à la main. On a donc ainsi une meilleure utilisation de la force des hommes.

Un perforateur faisait généralement quatre postes avant d'avoir besoin de réparation; il n'y a aucun avantage à laisser le même appareil en service pendant plus de six postes soit quarante-huit heures, parce que les pertes d'air par les joints deviennent alors plus grandes et que les ruptures qui se produisent sont plus graves.

Tous les petits accidents sans importance sont réparés dans le puits même par les mineurs qui ont avec eux quelques outils, des écrous et des goupilles. Toutes les réparations notables sont faites au jour dans le petit atelier qui est établi près des compresseurs. La majeure partie des réparations s'applique au levier de distribution, à son axe, aux ressorts et aux cliquets moteurs des roues à rochet (*). Souvent les écrous et les calfats doivent être changés.

On a pour cela et pour toutes les autres pièces des modèles à l'atelier, qui permettent de les faire refaire très-rapidement, toutes les fois que le besoin s'en fait sentir.

En général, on reconnaît qu'une grande partie des répa-

(*) Dans ces derniers temps, pendant la rédaction même de ce mémoire, on a commencé à essayer un appareil dans lequel la rotation du fleuret et l'avancement du cylindre sont produits par l'air comprimé. Pour cela, avant de le laisser échapper, on le fait passer au travers d'une petite roue construite d'après le principe des roues à réaction et calée sur la tige d'arrière du piston. Si l'on réussit, on pourra supprimer tout le mécanisme si délicat de l'arrière, et réduire considérablement les réparations.

rations nécessaires doit être attribuée à la négligence et à la brutalité des hommes qui conduisent l'appareil. En apportant plus de soins et d'attention dans le maniement de ces perforateurs, on pourrait donc réaliser des économies notables sur la dépense d'entretien. De ce côté-là, encore on peut attendre des améliorations lorsque les mineurs seront plus au courant de leurs machines.

Pour ce qui concerne les fleurets, lorsqu'ils ont servi à commencer un trou, au moins dans les grès et le conglomérat, on ne les remet pas en service sans les avoir affûtés à nouveau, parce que les coins du tranchant sont trop fortement entamés; mais les autres fleurets peuvent servir pour plusieurs trous. En moyenne on met hors de service par trou foré de deux à trois fleurets fraîchement affûtés. Dans le travail à la main, on met habituellement hors de service de cinq à six fleurets avant d'avoir atteint la profondeur voulue.

Il y a en tout, à Altenwald, huit perforateurs et soixante-dix fleurets : ce grand nombre de machines et de fleurets n'a été demandé qu'en vue de l'extension qu'on doit donner à la perforation mécanique.

Pour l'approfondissement de Gegenortschacht seul, il aurait suffi de trois perforateurs dont l'un en activité, le deuxième en réserve dans le puits et le troisième en réparation à l'atelier.

La consommation d'air d'un perforateur s'établit comme suit, d'après les dimensions données plus haut :

Pour la course en avant :

$$\pi\left[\frac{0^{m},066^{2} - 0^{m},020^{2}}{4}\right] \times 0^{m},132 = 0^{m^3},000410,$$

Et pour la course en arrière :

$$\left[\frac{0^{m},066^{2} - 0^{m},046^{2}}{4}\right]\pi \times 0^{m},132 = 0,000285.$$

C'est donc pour une double course :

$0^{m3}.000.695$.

A cela il faut ajouter un tiers environ, pour l'espace nuisible, les pertes aux boîtes à étoupes et la consommation d'air pour injection d'eau, ce qui porte la consommation d'air effective à :

$0^{m3},000927$ par course double, ce qui fait par minute, $0^{m3},278$ d'air à 3 atmosphères effectives, en battant à trois cents coups.

En admettant que pour percer un trou il faille en moyenne vingt minutes de battage, on voit que la quantité d'air nécessaire au forage d'un trou est en nombre rond de $5^{m3},500$, toutes les pertes comprises.

Le travail théorique développé par l'air dans un perforateur marchant à pleine course à raison de trois cents doubles courses par minute et avec de l'air à 3 atmosphère est

de	0,92.	Cheval	pour la course en avant.
de	0,51.	—	pour la course en arrière.
soit	1,43.	—	pour la course double,

ou en nombre rond 1 cheval 1/2.

Comparaison des résultats obtenus dans un approfondissement à la main et dans un approfondissement à la machine.

Pour comparer les résultats obtenus avec les perforateurs à ceux qu'on obtient à la main, on a réuni dans le tableau ci-dessous, d'un côté les chiffres qui résument le travail fait à la machine pendant neuf mois à Gegenortschacht et de l'autre les chiffres qu'on a obtenus dans les mêmes conditions à l'approfondissement d'Eisenbahnschacht n° 2, approfondissement fait à la main et qui a duré onze mois.

Le puits Eisenbahnschacht, n° II est situé à $562^{m},55$ au nord de Gegenortschacht à proximité du fond de bateau

que le terrain houillier forme dans cette région. Il a une section de 6m,23 sur 2m,56=15m²,97, soit 0m²,74 de moins que le puits de Gegenortschacht. Son approfondissement au-dessous du premier niveau commença en mi-janvier 1867 ; on fit pendant ce mois 2m,09.

Le travail fut suspendu en février et mars; on le reprit sans arrêt à partir du commencement d'avril 1867, à l'exception toutefois de janvier 1868, pendant lequel le travail fut interrompu par les eaux du puits n° 1 et l'installation de la machine d'extraction. A la fin de mars 1868 le puits avait atteint une profondeur totale de 49m,17 au-dessous du premier niveau; le travail occupait neuf mineurs et six rouleurs par 24 heures, à raison de trois mineurs et de deux rouleurs par poste de 8 heures. Dans le tableau on n'a compté l'approfondissement que depuis avril 1867. C'est donc, abstraction faite de janvier 1868, un approfondissement de 47m,08 en onze mois.

Les terrains recoupés dans le puits Eisenbahnschacht se présentent en bancs inclinés de 4 à 5° et consistent en :

	mètres.
Schiste et houille	22,23
Schiste quartzeux	1,57
Schiste	5,75
Conglomérat	9,68
Schiste	9,94
Total	49,17

Les résultats obtenus dans les deux puits sont les suivants:

	AU PUITS Eisenbahnschacht dont la section est $15^{m2},97$. (Travail à la main.)		AU PUITS Gegenortschacht. dont la section est $16^{m2},71$. (Travail à la machine.)	
	Avancement.	Cube excavé.	Avancement	Cube excavé.
1° On a creusé :	mèt.	m³	mèt.	m³
Dans les schistes.	37,20	594,084	29,03	485,091
Dans les grès ou le conglomérat.	9,68	154,590	16,48	275,381
Ce qui fait un total de.	46,88	748,674	45,51	760,472
2° On a creusé :				
a. Par jour. Dans les schistes.	0,208	3,322	0,235	3,927
a. Par jour. Dans les grès ou conglomérat. .	0,084	1,341	0,162	2,707
b. Par poste. Dans les schistes.	0,0163	0,260	0,0171	0,286
b. Par poste. Dans les grès ou conglomérat. .	0,0065	0,104	0,0118	0,197
1° On a payé en salaire par mètre de puits :	Par mètre courant. fr.	Par mètre cube. fr.	Par mètre courant. fr.	Par mètre cube. fr.
Dans les schistes.	305,24	19,11	311,16	18,62
Dans les grès et le conglomérat.	623,97	39,07	431,83	25,84
4° Le salaire net gagné par les ouvriers s'est élevé :	Par poste. fr.		Par poste. fr.	
Dans les schistes à.	3,26		3,00	
Dans les grès et le conglomérat à.	3,71		4,09	

Dans le calcul des résultats obtenus par jour et par poste, on n'a considéré que les jours de travail et les postes réellement employés à l'approfondissement, déduction faite de tous les postes employés à des travaux accessoires, parmi lesquels on a compté, dans le travail à la machine, les deux heures employées journellement pendant le poste du matin à l'extraction du charbon pour la machine.

On a réuni en un seul nombre les postes de mineurs et ceux des rouleurs, en admettant, d'après l'usage suivi à la mine, que le poste des rouleurs est de douze heures, et que, à un poste de mineurs de huit heures ne correspondent que 3/4 de poste de rouleurs. Il était nécessaire de tenir compte du travail des rouleurs sous cette forme calculée, parce que tandis qu'à Eisenbahnschacht le chargement des dé-

blais et de l'eau dans les tonnes d'extraction était fait par les rouleurs, ce travail était constamment fait à Gegenortschacht par les mineurs eux-mêmes.

Le salaire fixé pour l'approfondissement et qui, à l'origine, fut le même pour les deux puits, s'élevait à 355f,265 par mètre, la poudre, l'huile, l'entretien des outils (non compris pourtant l'affûtage courant des fleurets) étant à la charge des ouvriers, qui devaient en outre faire le boisage. Les salaires ne varient pas beaucoup avec la nature des roches : on cherche habituellement à les établir sur un taux moyen, d'où il résulte que le gain journalier du mineur est élevé dans les schistes et qu'il est bas dans les roches dures.

A Eisenbahnschacht on agissait ainsi; mais les proportions relatives de schistes et de conglomérats firent que le bénéfice réalisé par l'ouvrier dans les schistes ne fut pas suffisant pour compenser la perte causée par la dureté du conglomérat et qu'on fut obligé, pour les 4 derniers mètres creusés dans cette roche, d'augmenter de 179f,43 le prix primitif; le prix se trouva ainsi porté à 534f,69 par mètre, tandis qu'à Gegenortschacht on conserva pendant toute la durée du travail le prix de 355f,26. Ce qui n'empêche pas que, même dans le conglomérat, les mineurs de Gegenortschacht gagnèrent plus qu'à Eisenbahnschacht.

En comparant les résultats des deux méthodes d'approfondissement, on voit que dans les schistes tendres l'avantage des perforateurs est insignifiant; mais cet avantage croît dans une mesure considérable avec la dureté des roches, et dans le conglomérat dur, le travail fait à la machine est, par homme et par unité de temps, presque double de celui qu'on ferait à la main. De plus, il y a économie d'argent, bien que le gain de chaque ouvrier soit notablement plus élevé.

Ces résultats sont d'autant plus satisfaisants qu'ils ont été obtenus malgré toutes les difficultés qui sont inhérentes

à un premier essai. Il est certain qu'en continuant, l'expérience acquise permettra d'obtenir des résultats beaucoup plus avantageux encore.

En somme, le fait constaté à la Vieille-Montagne dans le creusement des galeries, se trouve confirmé pour le creusement des puits par les résultats obtenus à Altenwald. Il est donc établi maintenant que l'emploi des perforateurs dans les roches dures permet d'économiser la moitié du temps et des hommes nécessaires dans le travail à la main.

Quant aux résultats financiers des deux systèmes, voici le prix moyen du creusement de 1 mètre cube de puits dans les deux cas :

ANALYSE DE LA DÉPENSE.	PUITS Eisenbahnschacht II. (Travail à la main.) — Par mètre cube excavé.	PUITS Gegenortschacht (Travail à la machine.) — Par mètre cube excavé.
1° *Dans les schistes :*	francs.	francs.
Salaires	19,13	18,62
Affûtage des fleurets à main	0,05	0,03
Graisse et garnitures pour perforateurs	»	0,13
Entretien et affûtage des fleurets de perforateurs	»	0,56
Réparations des perforateurs	»	1,34
Dépenses faites pour la compression de l'air	»	0,93
Total	19,18	21,61
2° *Dans les grès et le conglomérat :*		
Salaires	39,11	25,84
Affûtage des fleurets à main	0,12	0,05
Graisse et garnitures pour perforateurs	»	0,20
Entretien et affûtage des fleurets de perforateurs	»	0.74
Réparations des perforateurs	»	2,01
Dépenses faites pour la compression de l'air	»	1,42
Total	39,23	30,29

Les dépenses ont été rapportées au mètre cube et non au mètre courant à cause de l'inégalité de section des deux puits. Pour obtenir le prix du mètre courant, il faudrait multiplier les chiffres précédents :

Par la section du puits qui est de. . . . . 15^{m2},97
Pour Eisenbahnschacht et de . . . . 16^{m2},71
Pour Gegenortschacht.

Les salaires indiqués sont, comme dans le premier tableau, les salaires effectivement payés.

Les dépenses pour l'affûtage des fleurets sont au compte du puits et s'élèvent en moyenne à $0^f,0175$ par poste de mineurs. A Gegenortschacht, ce n'est que la moitié des postes de mineurs qui doit être considérée comme donnant lieu à cette dépense, puisque sur les quatre hommes qui forment les postes, deux seulement travaillent à la machine, et que les dépenses d'affûtage des fleurets de perforateurs sont comptées à part.

Dans le compte : graisse et garnitures de perforateurs, sont compris les tuyaux en caoutchouc qui conduisent l'air et l'eau; ces tuyaux s'usent très-rapidement en frottant sur le sol du puits.

Les dépenses pour l'entretien et l'affûtage des fleurets de perforateurs consistent presque exclusivement en salaires.

Les dépenses d'entretien des perforateurs eux-mêmes consistent, pour les deux tiers en salaires et pour un quart en fournitures.

Pour la compression de l'air on a pris, comme dépenses, 12,2 p. 100 des dépenses mensuelles de machinistes et d'entretien qui ont été établies précédemment et qui s'élèvent à $768^f,66$. C'est donc une dépense de $93^f,78$ à mettre à la charge des perforateurs pour l'air qu'ils ont consommé.

En resumé, on voit que, au point de vue économique, les perforateurs ne donnent pas des résultats aussi avantageux qu'au point de vue du travail fait. Mais il est hors de doute que ces résultats s'amélioreront lorsqu'on sera parvenu à simplifier et à fortifier les appareils dont l'entretien est aujourd'hui si coûteux. On diminuera aussi les frais d'entretien des fleurets en adoptant le fleuret en *z*; et les frais de production de l'air comprimé, en augmentant l'emploi trop restreint aujourd'hui de cet agent, eu égard à

l'importance de l'installation. On peut s'attendre à une réduction de moitié sur les frais actuels.

Les chiffres précédents montrent que les perforateurs sont désavantageux dans les schistes : leur travail coûte environ 2f.43 de plus par mètre cube que le travail à la main; si donc on avait affaire couramment à une roche aussi tendre, il conviendrait de ne pas employer les perforateurs. Mais dans les grès et le conglomérat ils donnent une économie d'environ 23 p. 100 sur le travail à la main. Ce qui compense largement la perte éprouvée dans les schistes.

Si, partant des résultats précédents, on établit le prix moyen du mètre dans les conditions où l'on se trouvait à Gegenortschacht, où l'on a produit. . 484.607 mèt. cub. de schistes et. . . . . 275.031 de grès ou de conglomérat, soit un total de. . . 759.639 on arrive aux résultats suivants :

Le prix du mètre cube a été en moyenne de : 26f,45 et de 24f,79 ainsi répartis :

	TRAVAIL à la main.	TR VAIL à la machine.
	francs.	francs.
Salaires.	26,38	21,26
Affûtage des fleurets à main.	0,07	0,04
Graisse et garnitures pour perforateurs.	»	0,16
Entretien et affûtage des fleurets de perforateurs.	»	0,63
Réparations des perforateurs.	»	1,59
Dépenses faites pour la compression de l'air. . .	»	1,11
Dépense totale.	26,45	24,79

Les perforateurs ont donc donné en moyenne une économie des 1f,66 par mètre cube sur le travail à la main. C'est pour les 759,639 mètres cubes produits à Gegenortschacht en neuf mois une économie de 1,261 francs sur les dépenses d'approfondissement.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons tenu aucun compte de l'intérêt et de l'amortissement du capital en-

gagé. Si l'on voulait compter cela, voilà les dépenses faites à Altenwald pour les perforateurs mécaniques :

	francs.
6 perforateurs à 900 francs	5.400,00
2 perforateurs à 843f,75	1.687,50
Modifications faites aux perforateurs	180,00
Affût d'approfondissement avec réservoirs d'eau	787,50
70 fleurets	487,50
Outils pour la réparation des perforateurs, tels que tour, machine à forer, étau, enclume, forge de campagne, clefs à écrou, etc.	1.920,00
Total	10.462,50

Ce matériel devant servir en plusieurs points, il est juste de ne mettre au compte de l'approfondissement de Gegenortschacht que le tiers de sa valeur, soit 3.487f,50. En comptant 10 p. 100 pour l'intérêt et l'amortissement, on a une dépense annuelle de 348f,75 dont le 12e=29f,062.

A cela il faut ajouter les dépenses de premier établissement des compresseurs et de la conduite d'air, dépenses dont l'intérêt et l'amortissement s'élèvent par mois, ainsi que nous l'avons vu, à

474f,38	pour les compresseurs.
54,68	pour les conduites.
529,06	pour l'ensemble.

Comme nous ne mettons à la charge des perforateurs que les 12,2 p. 100 de cette dépense, cela représente par mois 64f,546.

Si l'on ajoute à cette somme les 29f,062 trouvés plus haut et la part mensuelle attribuable aux perforateurs pour l'intérêt et l'amortissement de la conduite spéciale, part qui est de 4f,155, on a en tout pour l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement, par mois : 97f,76, d'où, pour les neuf mois qu'a duré le travail : 879f,93.

Comme l'économie réalisée par l'emploi des perforateurs

s'élevait à 1.261f,00, elle paye et au delà l'intérêt et l'amortissement du capital absorbé par l'installation des appareils.

Il reste encore un bénéfice de 381f,07.

Les comptes établis ci-dessus réfutent l'idée qu'on ne doit attendre actuellement de l'emploi des perforateurs aucune économie d'argent.

Ils montrent en effet que dès maintenant les perforateurs donnent en même temps qu'une économie importante de temps et d'hommes, des résultats très-avantageux au point de vue financier.

NOTE

SUR UN CAS D'ASPHYXIE QUI S'EST PRÉSENTÉ A LA HOUILLÈRE D'AUCHY-AU-BOIS (PAS-DE-CALAIS).

La rentrée dans un puits de mine, à la suite d'un abandon, même de courte durée et sans interruption complète de l'aérage, exige toujours de grandes précautions : la meilleure est assurément une ventilation énergique; mais, si l'on doute encore que l'air soit complétement renouvelé, il faut prendre soin d'en constater l'innocuité au moyen d'une lampe (ordinaire ou de sûreté, suivant les cas), dont la descente précède celle de la tonne où prennent place les ouvriers.

A la fosse n° 2 d'Auchy-au-Bois (Pas-de-Calais), *deux* ouvriers ont été récemment asphyxiés dans des circonstances dont il a paru utile de conserver ici la trace.

Le puits cuvelé qui conduit aux travaux (encore peu développés) de cette houillère a 430 mètres de profondeur, et les chambres d'accrochage s'ouvrent à 35 mètres environ au-dessus du fond du puisard. Le dimanche 20 mars 1870, une fuite d'eau s'était déclarée dans le compartiment d'extraction, à la profondeur de 65 mètres; le surlendemain, vers sept heures du matin, après une journée uniquement employée à réparer la machine, deux ouvriers descendirent pour boucher cette fuite, puis remontèrent, afin de changer leurs outils et d'aller reconnaître si l'eau n'avait pas submergé l'entrée des chambres d'accrochage. Ils s'installèrent dans une tonne et la firent descendre lentement, après être convenus qu'ils donneraient d'en bas l'ordre d'arrêter. Sur le point d'atteindre le niveau de l'accrochage, le machiniste suspend le mouvement, attend

en vain le signal annoncé, lâche encore quelques mètres de câble, et ne recevant aucun avis du fond, persuadé que les ouvriers sont sortis de la tonne sans prévenir, il se dispose à la remonter. Bientôt cette tonne arrive au jour, mais non pas vide; les deux ouvriers y étaient, attachés par leurs ceintures de sûreté aux chaînes de suspension, et ne donnaient plus signe de vie. Des trois lampes qu'ils avaient emportées, deux, accrochées à leurs habits, étaient éteintes; la troisième manquait, échappée probablement de leurs mains au moment où ils perdaient connaissance. On fit de vains efforts pour ranimer les deux victimes.

Elles n'avaient pas été noyées dans le puisard, car leurs cadavres ne paraissaient point renversés, comme si la tonne, en plongeant à la surface de l'eau, s'était inclinée pour se remplir; le médecin appelé à leur secours n'a trouvé d'eau ni dans les poumons ni dans l'estomac.

Il fallait donc attribuer leur mort à l'asphyxie par un gaz délétère, plus lourd que l'air, répandu dans le fond du puits, au-dessous du niveau de 65 mètres, où le cuvelage avait été réparé. Cependant leur séjour dans la fosse n'avait pas dépassé quinze minutes, sur lesquelles dix au moins doivent être comptées pour la descente et pour la remonte. Malgré l'absence d'un foyer spécial au-dessus du compartiment d'aérage, dans lequel l'appel est déterminé par la cheminée de la machine, la ventilation n'avait éprouvé qu'un ralentissement durant l'interruption des travaux ; et si, du dimanche à trois heures de l'après-midi jusqu'au mardi à trois heures du matin, les foyers des quatre chaudières étaient restés éteints, la chaleur contenue dans le massif de maçonnerie qui les entoure suffisait pour entretenir un léger tirage. D'ailleurs, ils étaient rallumés depuis quatre heures au moment de l'accident. Avant la descente des ouvriers et pendant leurs préparatifs, on avait eu le temps de tirer du puisard deux tonnes d'eau, dont le passage dans le puits devait diluer le gaz délétère.

En effet, après l'extraction de sept nouvelles tonnes d'eau, on descendit deux lampes allumées, qui continuèrent de bruler au fond de la fosse.

Cette expérience a fait penser aux ingénieurs des mines que l'atmosphère souterraine était viciée, non-seulement par de l'acide carbonique, mais aussi par une faible quantité d'acide sulfhydrique, provenant sans doute des eaux accumulées sur une hauteur de 30 mètres dans le puisard. La présence de ce gaz, à dose suffisante pour déterminer l'asphyxie, n'empêche pas une lampe de brûler dans un air encore suffisamment chargé d'oxygène. Aussi le directeur de la mine, peu rassuré par cette épreuve, a-t-il eu la prudence de ne permettre la rentrée des travaux que le surlendemain de l'accident, quand l'épuisement fut terminé.

BULLETIN.

Mines de soufre de la province de Caltanissetta (Sicile).

Le tableau suivant donne, aussi exactement que possible : 1° le nombre des mines en activité; 2° la production de chaque centre minier; 3° le nombre des ouvriers employés; 4° les ports d'embarquement; 5° le mode de transport; 6° le prix de ce transport par tonne.

CENTRES miniers.	MINES en activité.	PRODUCTION en tonnes.	OUVRIERS EMPLOYÉS.			TRANSPORT.		
			Piqueurs.	Rouleurs.	Total	Port d'embarquement.	Mode de transport.	Prix par tonne de 1.000 kil.
								fr.
Acquaviva. . . .	3	800	18	45	105	Girgenti . .	Mulets.	30
Aidone.	5	2.400	58	134	220	Catane . . . Terranova .	Chars, mulets.	»
Barrafranca . . .	2	700	18	36	80	Licata. . . .	Mulets.	»
Bonpensiere. . .	1	100	4	8	23	Girgenti . .	Idem.	»
Butera	1	150	6	15	32	Licata. . . .	Idem.	»
Calascibetta . . .	4	1.000	60	120	300	Licata. . . . Catane . . .	Chars.	50
Caltanissetta. . .	40	36.000	660	1.630	3.490	Licata. . . .	Chars, mulets.	35
Castrogiovani . .	29	18.000	440	1.070	2.050	Catane . . . Licata. . . . Terranova .	Idem.	»
Mazzarino	4	900	29	42	140	Licata. . . . Terranova .	Mulets.	»
Montedoro. . . .	4	3.000	55	200	500	Girgenti . . Licata. . . .	Mulets, chars.	28
Mussomeli. . . .	2	»	5	13	30	Girgenti . .	»	»
Piazza.	2	7.000	120	300	550	Terranova .	Idem.	40
Pietraperzia. . .	1	»	»	»	»	Licata . . .	Chars.	»
Riesi	3	5.000	100	250	450	Licata . . .	Mulets.	24
San Cataldo. . .	11	16.000	250	750	1.350	Licata. . . . Girgenti . .	Mulets, chars.	30
Serradifalco. . .	1	300	15	45	80	Licata. . . .	Idem.	25
Santa-Catarina.	8	2.000	60	150	300	Licata. . . .	Chars.	40
Sommatino. . . .	5	8.000	180	420	900	Licata. . . .	Mulets.	22
Villarosa.	8	4.000	90	200	400	Licata. . . . Girgenti . .	Chars.	50
Sutera.	»	»	»	»	»	»	»	»
Totaux.	134	105.350	2.168	5.428	11.000	»	»	»

Les principales mines de la province, soit par le développement qu'elles ont déjà obtenu, soit par l'importance qu'elles pourraient, en peu de temps, acquérir : sont celles de :

Trabonello	dans les centres miniers de Caltanissetta.
Gebbia rossa	dans les centres miniers de Caltanissetta.
Giordano (stretto)	dans les centres miniers de Caltanissetta.
Capo d'Arso	de Castro Giovàni.
Floristella	de Castro Giovàni.
Gallitano	de Mazzarino.
Grottacalda	de Piazza.
Sociale	de Montedoro.
Solfare Grande	de Sommatino.
Solfara del fiume	de Riesi.
Apaforte	de Riesi.
Stincone	de Riesi.

Quelques-unes de ces mines sont déjà arrivées à une production annuelle de 5.000 à 8.000 tonnes, comme Trabonello, Capo d'Arso, Solfare Grande, Grottacalda, Solfara del fiume. Toutes sont susceptibles d'un grand développement.

(*Extrait d'un rapport adressé le 20 janvier 1870 à Son Excellence M. le ministre des affaires étrangères, par M.* L. THIBAUDIER, *gérant du consulat de France a Palerme*).

Le minerai d'étain dans l'Amérique du Nord.

La découverte de quelque bonne mine d'étain en Amérique constitue pour ce pays un désideratum de grande importance.

Tandis que la production d'à peu près tous les autres métaux, l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le zinc, le nickel, le chrome, etc., suffit ou pourrait suffire à la consommation des États-Unis, ceux-ci doivent chaque année verser plusieurs millions de dollars à l'Angleterre, ou à l'Inde hollandaise, en échange de l'étain dont ces pays sont encore les seuls grands producteurs.

Cependant l'étain a été signalé sur un grand nombre de points des États-Unis; mais sauf peut-être dans une ou deux localités, les indications ne laissent guère espérer un développement de production notable.

Depuis vingt ans, l'auteur a été appelé à examiner de nombreux échantillons de roches et de minéraux, provenant de divers États et présumés stannifères : il donne les résultats les plus intéressants de ses recherches.

Dans le *Maine*, l'étain oxydé en cristaux petits et rares se rencontre à Paris, à Hebron et à Greenwood. Il a été découvert récemment à Winslow, près Waterville College, où l'on dit qu'il est plus abondant. Les échantillons reçus par l'auteur ressemblent au minerai de certains districts d'Europe. C'est un schiste siliceux gris, avec petites paillettes de mica, petits cristaux de mispickel et fluorine violette et blanche; le tout est recouvert par un mica ressemblant à la *zinnwaldite*, mais de composition différente; enfin sur le mica se trouve encore la fluorine, accompagnée de quelque peu de pyrite magnétique et de cristaux isolés de cassitérite d'un brun noirâtre.

D'après les échantillons, le minerai paraît former des veinules très-minces, sans doute peu avantageuses à exploiter.

Dans le *New Hampshire*, la cassitérite a été trouvée à Lyme et en quantité un peu plus notable à Jackson, mais sans qu'il y ait lieu à exploitation.

Dans le *Massachusetts*, la microlite de Chesterfield contient 0,7 p. 100 d'acide stannique, et l'on a rencontré quelques cristaux de cassitérite à Chesterfield, Beverly, Norwich et Goshen.

Dans le *Connecticut*, les columbites d'Haddan et de Middletown contiennent depuis une simple trace jusqu'à 0,6 p. 100 d'acide stannique. Des traces d'étain ont aussi été constatées dans la pyrite légèrement aurifère de Tolland.

En *Pennsylvanie*, une sorte d'argile grise contient de l'étain oxydé, tantôt en traces, tantôt à la dose de 1 p. 100.

Ces essais ont été faits il y a dix-huit ans; la personne intéressée dans les recherches est morte sans que l'auteur ait pu connaître la provenance exacte de l'argile stannifère.

Dans quelques mines d'or de la *Virginie*, les schistes micacés talqueux ont donné, dit-on, quelque peu de cassitérite; toutefois, l'auteur a essayé par lavage des sables de nombreuses localités, sans réussir à y trouver d'étain.

Dans la *Caroline du Nord*, la mine de Flowe, comté de Mecklenburg, produit du wolfram avec traces d'étain; on en a dosé 0,13 p. 100 dans la scheelite de la veine Dutchmen, de la mine de Bangle Gold, comté de Cabarras.

On crut, il y a deux ou trois ans, à la découverte de gisements d'étain importants dans le *Missouri*; les échantillons frauduleux, qui trompèrent le bureau général des terres, avaient été probablement apportés du Cornwall. L'auteur a constaté la présence de traces seulement d'étain dans les diverses roches et les minerais qui lui furent envoyés du Missouri.

En *Californie*, on a trouvé le minerai d'étain dans l'année 1860. Un échantillon moyen de la mine de Cajalco, comté de San Bernardino, a rendu, en 1861, à l'analyse, 22,45 p. 100 d'étain. Les gangues de la cassitérite sont du quartz gris, des oxydes hydratés de fer et de manganèse, et un peu de tourmaline noire. D'après le professeur Whitney, des claims avaient porté, en 1860 et 1861, sur des veines d'amphibole foncée, courant irrégulièrement au travers du granite et des roches quelque peu métamorphiques de la région de Temascal. Il ne paraît pas qu'aucune de ces entreprises ait été productive.

Tout récemment l'auteur a reçu des échantillons de la mine de San Jacinto, comté de San Bernardino. Le minerai a un caractère tout particulier. Les fragments quartzeux ressemblent à ceux de Cajalco, quoique moins mélangés de matière terreuse.

Toutefois, la plupart des échantillons consistent en tourmaline noire à grain très-fin, avec quartz gris blanc et cassitérite : celle-ci est couleur de chair à grain très-fin, en veinules ou mouches disséminées dans la gangue. D'autres échantillons montrent l'étain oxydé brun rouge, demi-transparent, très-brillant et cristallisé en gros grains dans la tourmaline.

Un échantillon moyen a donné 13,7 p. 100 d'étain. Par broyage et lavage le minerai est facilement enrichi : on a analysé deux échantillons : n° 1 lavé par l'auteur, n° 2 préparé en Californie :

	N° 1.	N° 2.
Acide stannique	82,00	76,15
Acide tungstique	1,08	0,22
Silice	7,20	9,82
Oxyde de cuivre	0,32	0,27
Oxyde de fer, de manganèse; Alumine, magnésie, chaux; Acide borique, etc.	9,40	13,54

L'étain métallique, obtenu par réduction de ce minerai, contenait :

Étain	99,78
Fer	0,11
Cuivre	0,11
	100,00

L'auteur ignore si le minerai est en quantité suffisante pour assurer l'avenir de l'exploitation.

A Weaverville, au nord de la Californie, on a trouvé un autre échantillon de minerai d'étain ; mais les filons en place ne paraissent pas avoir été rencontrés jusqu'ici.

Dans l'*Idaho*, on aurait reconnu la cassitérite à Jordan Creek, près Boonville; l'auteur n'a pas encore vu le mineral de cette localité et n'a pas reçu de détails sur son gisement.

(*Extrait d'une lettre écrite le 4 mai* 1870 *par M.* F. A. GENTH *au journal* United States Railroad and Mining Register, *et reproduite par le* Mining Journal, *numéro du* 11 *juin* 1870, *p.* 486.)

L. M.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DIX-SEPTIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

CHEMINS DE FER.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DIX-SEPTIÈME.

Paris. — Imprimerie Cusset et Cᵉ, rue Racine, 26.

Fig. 5.

Projection horizontale.

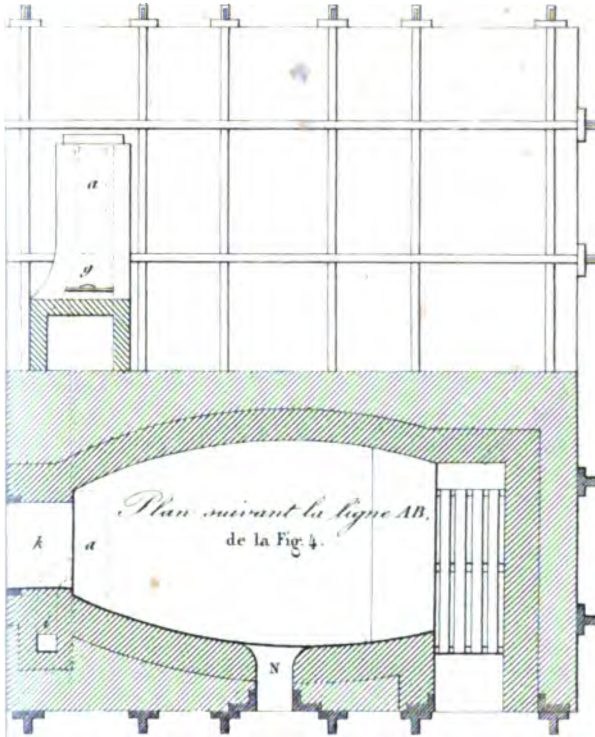
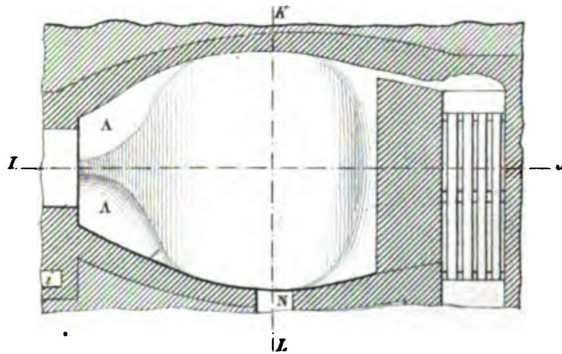
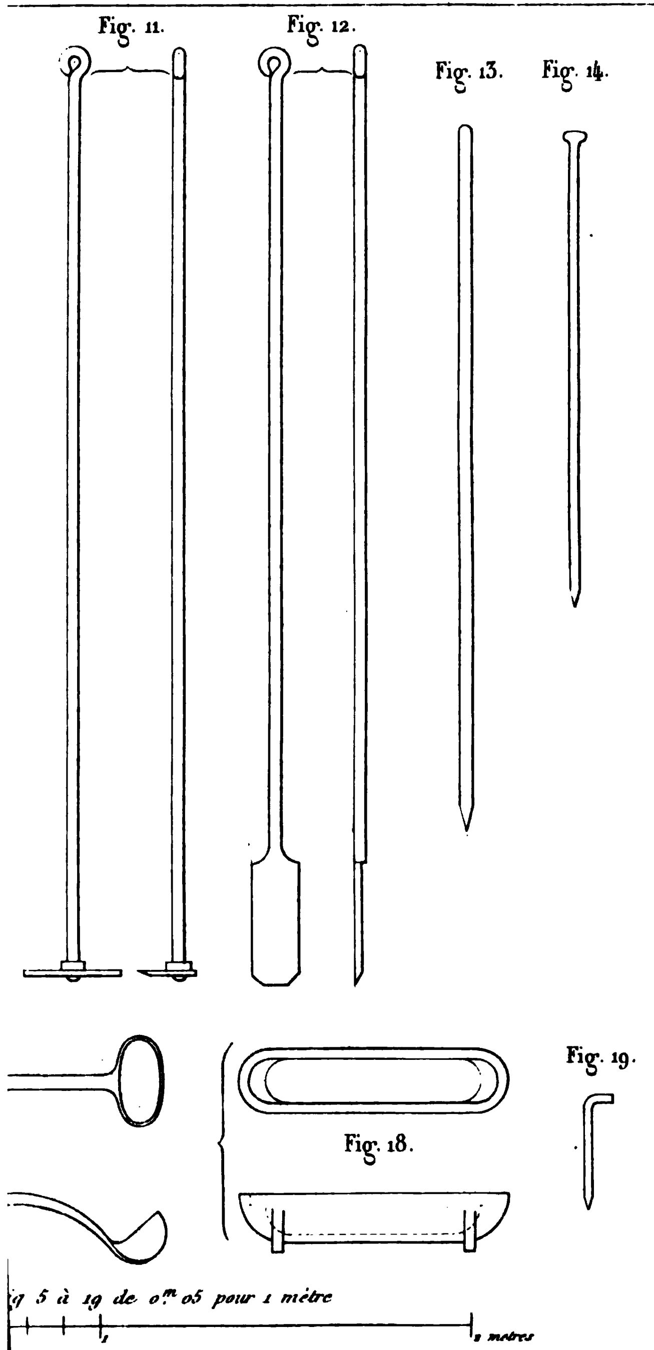


Fig. 8.

Plan suivant MN. de la Fig. 6.
montrant la sole usée.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur. sc.

Fig. 4. Coupe de l'affleurement de Sentein.

Fig. 7. Mines de plomb du Montoustant Coupe N.S.

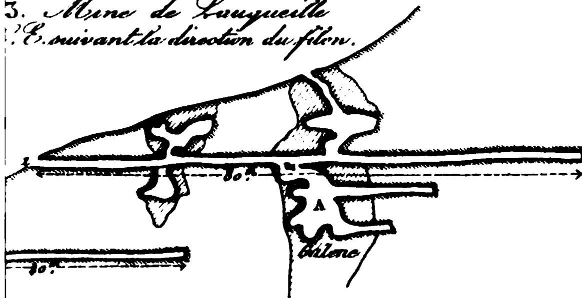
Fig. 8. Projection horizontale.

Echelle des Fig. 2 à 6 de 0.m 00025 pour 1 mètre

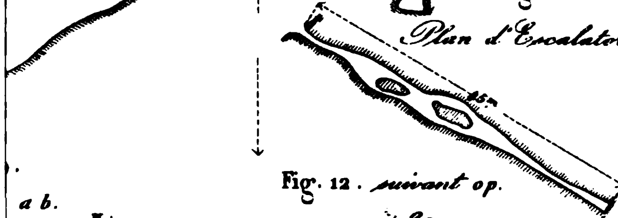
Echelle des Fig. 7 et 8 de 0.m 0003 p. 1 mètre

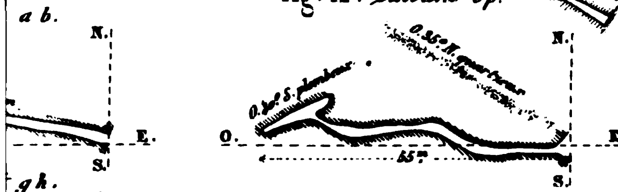
Echelle des Fig. 9, 10 et 11, de 0.m 001 pour 1 mètre

Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.









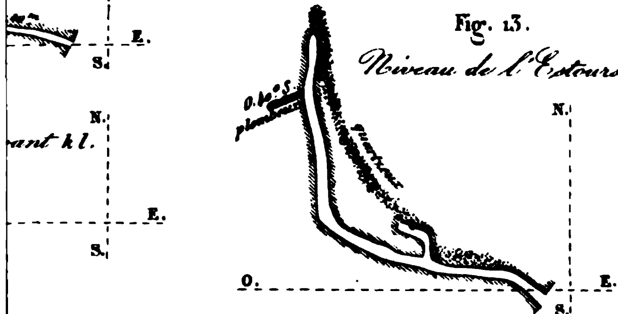


Fig. 1. 2. 7 et 8 de 0.m 0005 pour 1 mètre

60 70 80 90 100 200 mètres

des Fig. 5 et 6 de 0.m 001 pour 1 mètre

30 40 50 100 mètres

Lemaitre, Graveur de l'Empereur. sc

Fig. 9.

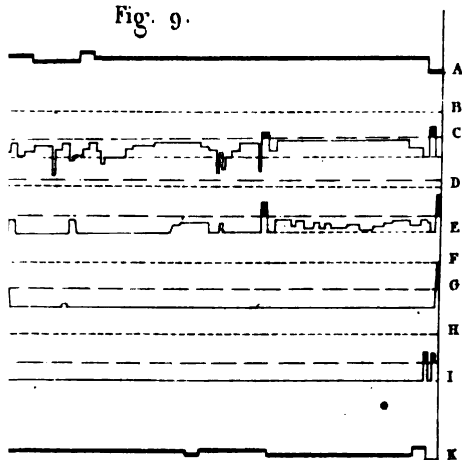


Fig. 11

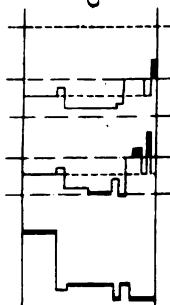


Fig. 12.

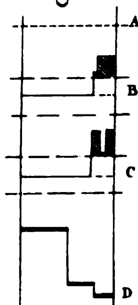


Fig. 4.

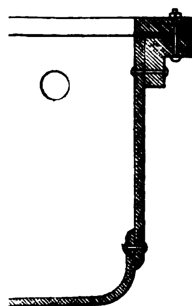
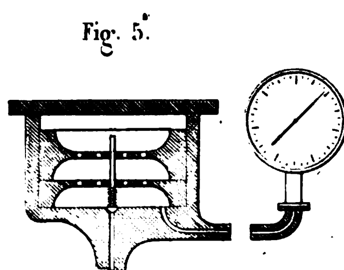
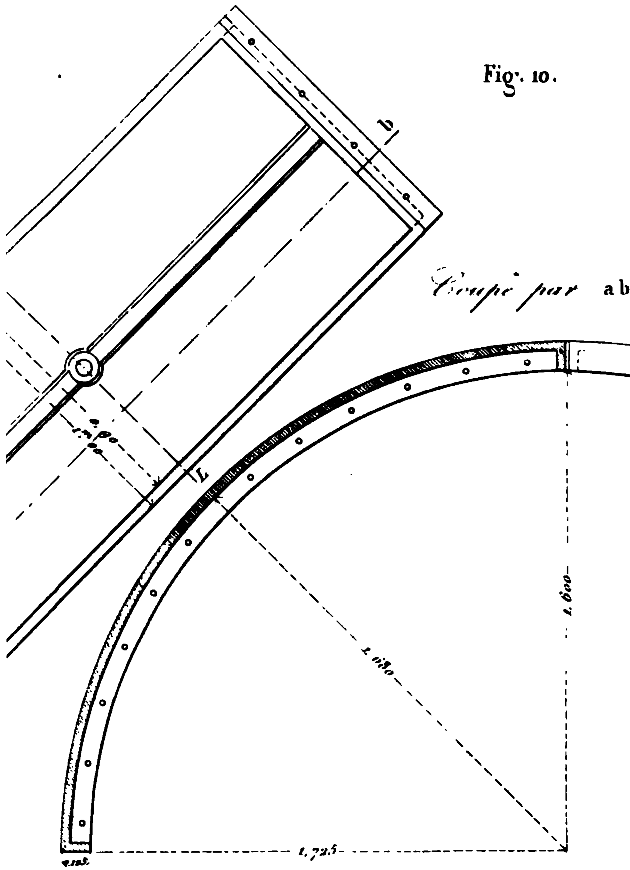


Fig. 5.

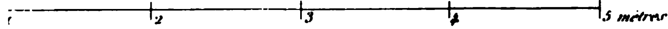


Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

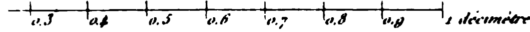




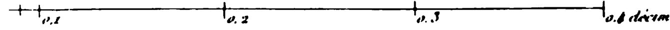
Echelle de la Fig. 1. de 0^{m} 02 pour 1 mètre



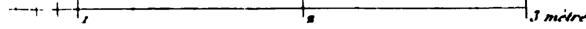
de la Fig 2 de 0^{m} 08 pour 1 mètre



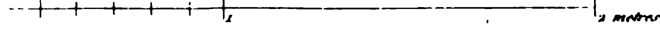
helle des Fig. 3 à 6 de 0^{m} 25 pour 1 mètre



lle de la Fig. 7 de 0^{m} 03 pour 1 mètre



chelle des Fig. 8 et 9 de 0^{m} 05 pour 1 mètre



de la Fig. 10 de 0^{m} 04 pour 1 mètre

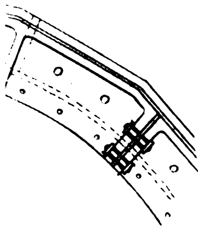


Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc.

Pl. VII.

Fig. 7.

Fig. 8.

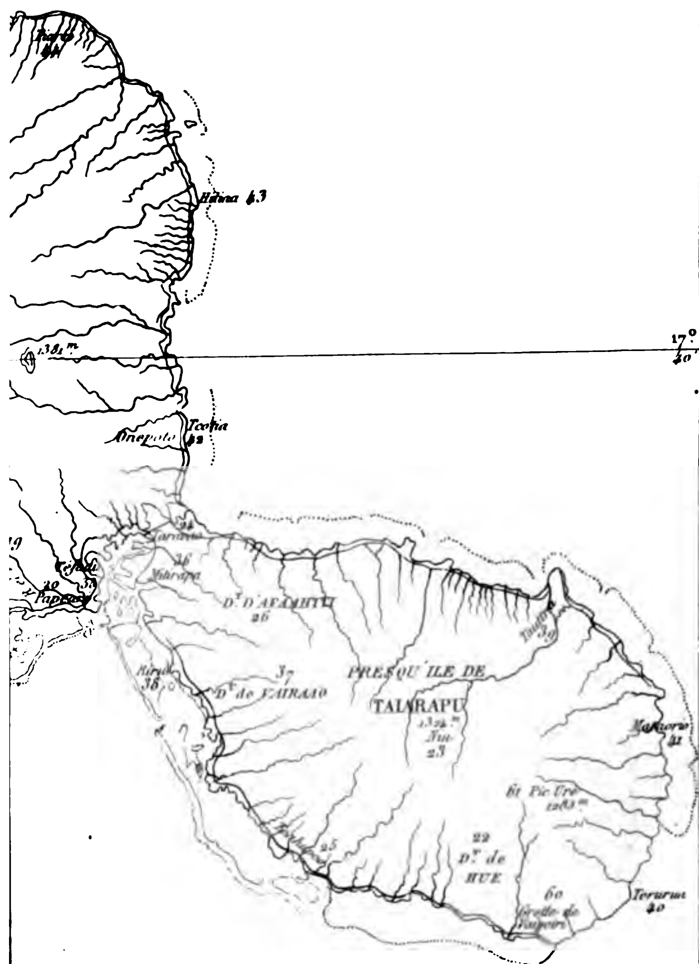


Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc.

CARTES ET COUPES
accompagnant
LA GÉOLOGIE DE TAHITI
et de ses dépendances

PAR Mr. JULES GARNIER,
Ingénieur attaché au Ministère de
la Marine et des Colonies.

1863 _ 1867.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.



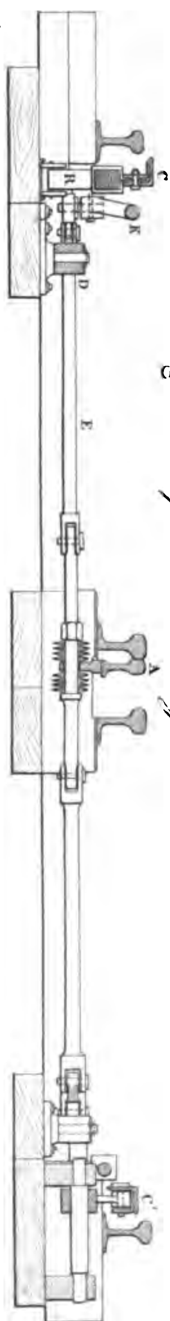


Fig. 4. Coupe suivant la ligne brisée 5.6.7.8.9.10.

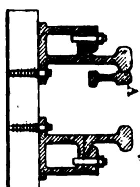


Fig. 5. Coupe suivant la ligne 11, 12

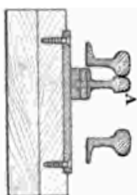
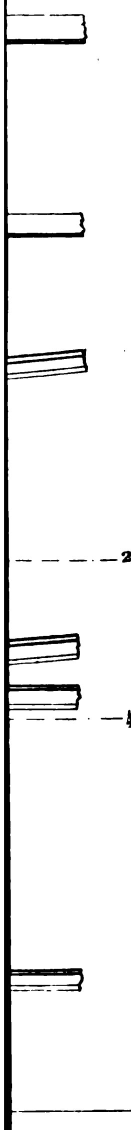


Fig. 6. Coupe suivant la ligne 13.14.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

